

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Geografie
Geografie kartografie



Vladimír Zýka

**FRAGMENTACE KRAJINY ČESKÉ REPUBLIKY A OCHRANA JEJÍ
PROSTUPNOSTI S VYUŽITÍM EKOLOGICKÝCH SÍTÍ**

Landscape fragmentation and its connectivity conservation by ecological networks
in the Czech Republic

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Praha, 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu

V Mořince, 23. 5. 2012

Vladimír Zýka

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Dušanu Romportlovi, Ph.D. za pomoc a vstřícnost při zpracovávání bakalářské práce. Zároveň mu tímto děkuji za podporu a cenné připomínky k tématu.

Zadání bakalářské práce

Název práce

Fragmentace krajiny České republiky a ochrana její prostupnosti s využitím ekologických sítí

Klíčová slova

Fragmentace krajiny - konektivita krajiny - ekologické sítě

Cíle práce

- Rešerše problematiky fragmentace krajiny liniovými stavbami a plošnými změnami krajinného pokryvu v Evropě a České republice.
- Rešerše problematiky ochrany prostupnosti krajiny s využitím ekologických sítí.
- Analýza vývoje fragmentace krajiny České republiky a efektivity ochrany prostupnosti

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Rešerše problematiky fragmentace krajiny a ochrany její prostupnosti v Evropě a České republice. Porovnání různých metodických přístupů hodnocení fragmentace a používaných metrik (UAT, Landscape Division Index, Effective Mesh Size atd.). Zhodnocení vývoje fragmentace krajiny České republiky dopravními stavbami na základě analýzy dat ze sčítání dopravy ŘSD. Analýza ochrany prostupnosti krajiny pomocí stávajících ekologických sítí a soustav chráněných území (ÚSES, EECONET, NATURA).

Datum zadání: 10.12.2011

Podpis studenta

Podpis vedoucího práce

Vladimír Zýka

RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Podpis vedoucího katedry

Fragmentace krajiny České republiky a ochrana její prostupnosti s využitím ekologických sítí.

Abstrakt

Tato práce se zabývá hodnocením fragmentace krajiny, jejími příčinami, důsledky a možnými řešeními na území Evropy a České republiky. Porovnány jsou různé kvantitativní metody stanovení míry fragmentace (Landscape Division Index, Effective Mesh Size atd.) a dále je hodnocena situace v České republice na základě analýzy fragmentace dopravními stavbami a zástavbou. V práci je rovněž zkoumána problematika ochrany prostupnosti krajiny s využitím ekologických sítí. Výsledky analýzy míry fragmentace jsou pak srovnány se současným stavem ekologických sítí a soustav chráněných území (ÚSES, NATURA 2000 atd.).

Klíčová slova: Fragmentace krajiny, konektivita krajiny, ekologické sítě

Landscape fragmentation and its connectivity conservation by ecological networks in the Czech Republic

Abstract

This thesis deals with the evaluation of landscape fragmentation, its causes, consequences and possible solutions in Europe and the Czech Republic. The study compares various quantitative methods of determining the level of fragmentation (Landscape Division Index, Effective Mesh Size, etc.). It further evaluates the situation in the Czech Republic on the basis of analysis of the fragmentation of transport projects and built-up areas. The study also investigates the issue of landscape protection with the use of ecological networks. The results of fragmentation analysis are compared with the current state of ecological networks and systems of protected areas (ÚSES, NATURA 2000, etc.).

Keywords: Landscape fragmentation, landscape connectivity, ecological network

OBSAH

Seznam tabulek	8
Seznam obrázků	8
1. Úvod	9
1.1 Fragmentace krajiny a ekologické sítě	9
1.2 Cíle práce.....	9
2. Fragmentace krajiny	11
2.1 Fragmentace krajiny a dopady na její funkce	11
2.2. Procesy vedoucí k fragmentaci krajiny.....	11
2.2.1. Fragmentace krajiny plošnými procesy	11
2.2.2. Fragmentace krajiny liniovými procesy	12
2.2.2.1 Primární a sekundární ekologické efekty fragmentace	13
2.2.2.2 Ztráta lokality	14
2.2.2.3 Bariérový efekt.....	14
2.3 Fragmentace krajiny v Evropě.....	15
2.3.1 Fragmentace podle států – porovnání situace s ČR.....	15
2.3.2 Fragmentace krajiny podle sítě 1km ²	16
3. Ekologické sítě.....	18
3.1 Ekologické sítě jako nástroj ochrany krajiny před fragmentací	18
3.2 Ekologické sítě v ČR a v Evropě.....	19
3.3 ÚSES vs. migrační koridory v ČR.....	20
3.3.1 Projektování ÚSES.....	20
3.3.2 Východiska a současný stav tvorby ÚSES	21
3.3.3 Migračně významná území, migrační sítě.....	21
4. Metody měření a současná opatření proti fragmentaci krajiny	24
4.1 Metodika měření na území Evropy.....	24
4.2 Současná opatření proti fragmentaci krajiny	26
4.2.1 Predikce a monitoring	26
4.2.2 Eliminace negativních důsledků fragmentace krajiny.....	27
4.2.2.1 Technická řešení	29

5. Metodika.....	31
5.1. Míra fragmentace v ČR	31
5.1.1 Metody a zdroje dat.....	31
6. Výsledky a diskuze.....	33
6.1 Výsledky analýzy fragmentace krajiny ČR	33
6.2 Využití ekologických sítí k ochraně prostupnosti krajiny	38
7. Závěr	41
Seznam použité literatury	43
Přílohy.....	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Prostorové parametry ÚSES.....	20
Tabulka 2: Rozloha MVÚ podle jednotlivých krajů	22
Tabulka 3: Rozloha MVÚ podle kategorií ochrany přírody	22
Tabulka 4: Přehled limitních parametrů pro různé bariéry.....	23
Tabulka 5: Citlivost nástrojů hodnocení fragmentace na její fáze.....	25

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Fragmentace krajiny v Evropě podle států, 2009.....	17
Obrázek 2: Fragmentace krajiny v Evropě podle sítě 1 km ² , 2009	17
Obrázek 3: Nevhodně realizovaný ekodukt u Lipníku nad Bečvou	28
Obrázek 4: Velikost nefragmentované plochy podle okresů (ve 100 ha)	33
Obrázek 5: Velikost nefragmentované plochy podle ORP (ve 100 ha).....	33
Obrázek 6: Velikost nefragmentované plochy podle obcí (ve 100 ha).....	34
Obrázek 7: Velikost nefragmentované plochy podle sčítacích čtverců (ve 100 ha)	34
Obrázek 8: Velikost nefragmentované plochy podle sítě hexagonů 6 km ² (ve 100 ha)	34
Obrázek 9: Velikost nefragmentované plochy podle sítě čtverců 1 km ² (ve 100 ha).....	35
Obrázek 10: Velikost jednotlivých nefragmentovaných ploch v ČR (km ²)	36
Obrázek 11: Hlavní dopravní koridory na území ČR.....	37
Obrázek 12: Kritická místa vymezená na DMK.....	38
Obrázek 13: Porovnání fragmentace krajiny s DMK	39
Obrázek 14: Porovnání fragmentace krajiny s nadregionálními biokoridory ÚSES	39
Obrázek 15: DMK a nadregionální a regionální prvky ÚSES.....	40

Kapitola 1

Úvod

1.1 Fragmentace krajiny a ekologické sítě

Fragmentace krajiny představuje proces, kdy jsou původně celistvá území rozdělována do izolovaných celků plošnými nebo liniovými bariérami. Jedná se o relativně nový termín, který se používá od poloviny 20. století s rozvojem dopravních sítí, rozrůstající se městskou zástavbou (EEA, 2011) a zejména v souvislosti s výrazným nárůstem těchto antropogenních bariér v posledních desetiletích (Anděl et al., 2010). Fragmentace krajiny významně ovlivňuje i životní prostor řady skupin organismů. Na uvedené změny jsou zvláště citlivé druhy s vysokými prostorovými a migračními nároky (Jaeger et al., 2005). Fragmentace krajiny a její dynamika tak představuje klíčový problém současné ochrany přírody a krajiny.

Stávající nástroje ochrany přírody a krajiny však zhoršující se trend fragmentace krajiny dostatečně neřeší. V České republice prostupnost krajiny mimo jiné zajišťuje i tvorba územního systému ekologické stability. Zákon č. 114/1992 Sb. uvádí přesnou definici, že systém ekologické stability: „...je vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu.“ ÚSES ovšem otázku prostupnosti bariér jak v metodické, tak především praktické rovině dostatečně neřeší.

V předložené práci je proto kladen důraz na současný stav a trendy vývoje fragmentace krajiny v ČR a Evropě, pozornost je věnována možnostem kvantifikace fragmentace a v neposlední řadě otázce územní ochrany prostupnosti krajiny.

1.2 Cíle práce

Téma o krajině jsem si vybral proto, že zastávám názor, že fyzický geograf by měl pochopit a umět interpretovat všechny přírodní děje ze všech oborů (hydrologie, biogeografie atd.), což umožňuje pouze krajinná ekologie. Krajina je totiž komplexní heterogenní území složené ze souboru ekosystémů, ve kterých se kombinují poznatky ze všech geografických oborů (Forman et Godron, 1993). A proč fragmentace krajiny? Protože se jedná o aktuální problém, kterému je potřeba věnovat pozornost a rozšířit povědomí lidí o této problematice. V dnešní době je více vnímán život v krajině a nutnost ochrany její konektivity. Lidé se snaží i přes nově vznikající stavby zachovat a už více

nefragmentovat současnou krajinu. A právě hodnocení této snahy by mělo být cílem této práce, tedy možnosti ochrany konektivity krajiny s využitím současných ekologických sítí. Dále pak řeší problematiku fragmentace krajiny liniovými stavbami a plošnými změnami krajinného pokryvu a porovnání fragmentace krajiny v Evropě a České republice.

Práce je rozdělena do sedmi kapitol. Po úvodní kapitole následuje řešební část fragmentace krajiny. V první podkapitole se řeší dopady fragmentace na krajinu, procesy vedoucí ke fragmentaci a míra fragmentace v Evropě s porovnáním s Českou republikou. Druhá část řeší se zabývá ekologickými sítěmi v krajině, jejich využitím jako nástroje ochrany krajiny proti fragmentaci. Dále jsou uvedeny vybrané ekologické sítě na území Evropy a především České republiky. Čtvrtá kapitola pojednává o metodice hodnocení fragmentace krajiny na území Evropy a naznačuje současná opatření proti fragmentaci krajiny. Pátá a šestá kapitola je věnována hodnocení fragmentace krajiny na území České republiky. Především diskusní část řeší využití ekologických sítí k ochraně konektivity.

Kapitola 2

Fragmentace krajiny

2.1 Fragmentace krajiny a dopady na její funkce

Fragmentace krajiny, neboli její rozdělení, je definována z různých pohledů. Jaeger (2008) uvádí tři možnosti definice. Podle slovníku je fragmentace proces způsobující rozčlenění krajiny na kusy. Jiná široká funkční definice tvrdí, že se jedná o narušení ekologických vztahů mezi různými místy. Ve třetí, strukturální definici, fragmentace vytváří bariéry proti pohybu zvířat (separuje plošky habitatů). Vliv bariéry bránících v pohybu zvířat ovšem musíme vždy posuzovat individuálně, s ohledem na druh živočicha.

Fragmentace krajiny může být zapříčiněna jednak bariérami přírodní povahy, jako např. vodní toky, hluboká údolí apod., zejména však antropogenními prvky, jejichž masivní nárůst v posledních staletích způsobuje zásadní problémy. Zdaleka největší problém představuje stále rostoucí plocha zástavby a liniové dopravní infrastruktury. Právě dopravním stavbám a jejich vlivu na konektivitu krajiny je věnována pozornost v této práci.

2.2. Procesy vedoucí k fragmentaci krajiny

2.2.1. Fragmentace krajiny plošnými procesy

Procesy způsobující fragmentaci krajiny se dělí do dvou skupin. Prvním typem je fragmentace plošnými procesy, druhou skupinu tvoří fragmentace liniovými stavbami (viz oddíl 2.2.2). Plošné bariéry Anděla et al. (2010) dělí do několika typů – na osídlení, oplocené areály a nevhodné biotopy.

Klíčovou úlohu v konektivitě krajiny hraje osídlení, kam se zahrnují nejen sídla, ale i hospodářské a komerční areály (Anděl et al., 2010). Konkrétní průchodnost se musí hodnotit individuálně na základě charakteristik zástavby. Anděl et al. (2010) upozorňuje především na dva negativní případy ovlivňující migraci. Hovoří o kontinuální zástavbě v údolích vodních toků tvořící dlouhou bariéru a o rozptýleném osídlení často v horské či podhorské krajině, které společně s dalším vybavením sídla (ploty a zemědělské objekty) vytváří v území rozlehlé bariéry. Především zakládání nových komerčních a průmyslových areálů tzv. na zelené louce a projekce nových satelitních městeček vede nejen k záboru dalších ploch v krajině, ale i k propojování vesnic mezi sebou a tím k tvorbě nových liniových a plošných bariér (Anděl et al., 2010).

Oplocené areály vytváří v krajině značně komplikovanou překážku. Jedná se především o elektrické ohradníky, které lze v krajině instalovat bez omezení (Anděl et al., 2010). V některých případech jsou i kilometry dlouhé a významně znesnadňují průchodnost krajiny. Zejména oplocení pastvin, ovlivněné intenzivním chovem dobytka v podhorských oblastech, působí škodlivě na pohyb větších savců (Anděl et al., 2010). Záleží především na druhu chovaného dobytka a typu oplocení. Nejhorší verze je pevný elektrický drát, nejsnadněji živočichové překonají ohradníkový provaz. Elektrický ohradník by měl být odstraněn po ukončení pastvy, či alespoň odpojen od elektrického napětí (Anděl et al., 2010). Drátěné oplocení (sady, vinice, lesní oplocenky atd.) většinou nehraje významnou roli. Vždy záleží na konkrétním druhu živočicha, či motivaci k překročení bariéry. Často nekvalitní drátěné oplocení nebývá problém pro divoká prasata. Jeleny či losy omezuje výška nad dva metry. Pro šelmy není překážkou, snadno ji překonají. Mohou se však poranit o ostré hroty ostnatého drátu. Nejvhodnější typem jsou ohrady dřevěné, které pohybující se zvířata snadno přeskochí, ale zatímco dobytek je nepřekoná. V poslední době se však dřevěné ohrady spojují s elektrickými ohradníky za účelem zvýšení bezpečnosti chovu (Anděl et al., 2010).

Hodnocení ohledně nevhodných biotopů se provádí individuálně podle ekologických nároků jednotlivých druhů živočichů (Anděl et al., 2010). Ekologické nároky se mění jak v průběhu roku, tak i v průběhu života (migrace za potravou, rozmnožováním atd.). Většina druhů využívá k ochraně lesní části krajiny. Nemusí se jednat přímo o les, některým druhům stačí liniová příbřežní vegetace, či menší shluk stromů. Významnou roli v překonávání bezlesí hraje struktura krajiny (krajinná mozaika), která pomocí vhodně umístěných drobných lesnatých plošek umožňuje překonat bezlesou krajinu (Anděl et al., 2010).

2.2.2. Fragmentace krajiny liniovými procesy

Za liniové procesy fragmentace krajiny je považována stavba silniční a železniční sítě a široké vodní toky (Anděl et al., 2010; EEA, 2011; Jaeger et al., 2008). Zásadním a složitým procesem je příprava nové komunikace. Jedná se o etapovitý proces, ve kterém se mimo jiné posuzuje vliv na životní prostředí (tzv. EIA, Environmental Impact Assessment). Nejčastěji se řeší tři problémové okruhy (Anděl et al., 2010): vytváření nových dopravních koridorů v dosud nenarušené krajině, kumulace dílčích bariér vedoucích až k uzavření migračních tras a přímé nebo nepřímé narušení prvků existující ekologické sítě. Ekologické problémy spojené se silniční sítí jsou podrobněji popsány v podkapitolách 2.2.2.1 – 2.2.2.3.

V dnešní době se v ČR nestaví žádné nové železnice, dochází pouze částečně k jejich rozšiřování, nebo zvyšování maximální dosažitelné rychlosti vlaku. Mluví se ovšem o realizaci vysokorychlostních tratí (VRT) po vzoru západní Evropy, které se staví v nových koridorech a jsou v celé své délce ohraničeny protihlukovými stěnami, zdmi, či ploty (Anděl et al., 2010). Tato opatření činí z VRT zcela neprůchodné bariéry. Ostatní železnice, pokud je neohraničují již zmíněné bariéry (dále např. protierozní zdi, nevhodně řešené mosty přes vodní toky atd.), nevytvářejí v krajině významné bariéry, protože jsou relativně úzké a železniční provoz umožňuje dostatečné časové mezery pro překonání. Železnice k fragmentaci krajiny většinou přispívají jako kumulativní bariéry spolu se silnicemi a osídlením.

Vodní toky fungují v krajině spíše jako migrační koridory. Kácením lužních lesů či břehové vegetace a nevhodným využitím přilehlé krajiny (přeměna na ornou půdu, zástavba) se vodní toky

mohou v některých případech stát migrační bariérou (Anděl et al., 2010). Dalším problémem může být větší šířka toku a velká plocha vodních nádrží, které jsou často doplněny rekreační zástavbou.

2.2.2.1 Primární a sekundární ekologické efekty fragmentace

Fragmentací krajiny člověk přispívá k její segmentaci, to znamená, že dochází k vytváření bariéry mezi segmenty vhodného prostředí a tím se snižuje jejich biodiverzita (Dufek et al., 2004). Ohroženy jsou především druhy citlivější na zmenšení segmentu, tedy životního prostoru. Ekologické efekty fragmentace se dělí na primární a sekundární. Mezi primární bariéry se zahrnují komunikace jako fyzické překážky (bariéry), které působí rozdílně podle velikosti živočichů. Větší savci překonají komunikace bez problému, pokud je ovšem komunikace oplocená, musí použít technická opatření k překonání této bariéry (nadchod, podchod atd.). Drobní živočichové (např. žáby, ještěrky) jsou ohroženi kolizí s vozidly a také méně chráněni před predátory, kteří je mohou snadno ulovit. Například hraboš polní se nepokusí překročit silnice širší než 25 m (Richardson et al., 1997).

Narušení, či úplné přerušení přirozené trasy živočichů vede k izolovanosti lokalit, což vede ke změnám v rozložení druhů fauny v krajině. Pokud je bariéra úplně neprostupná, může dojít až ke genetickým modifikacím (Dufek et al., 2004). Důležitým ukazatelem tohoto jevu se stává hustota a prostupnost dopravních cest.

Dalším negativním dopadem stavby liniových bariér jsou, kromě fyzického záboru půd, také střety fauny s vozidly. Například velký počet srážek s auty vykazují obojživelníci a mnoho plazů, kteří v době páření migrují z lesa, kde přezimují, do rybníků, kde se páří (Mikátová et Vlašín, 2002). Nárůsty nehod závisí na teplotě, srážkách, ročním období a denní nebo noční době. Roční kolísání počtu střetů s vozidly způsobuje rozmnožovací období, období péče o mláďata, migrace za hledáním nových teritorií, sezónní migrace a lovecká sezóna (Rico et al., 2007).

V blízkosti silnic nalezneme také zvýšený počet živočichů, kteří obývají právě jejich okraje. Zlepšení podmínek, tzv. ekologická údržba (Dufek et al., 2004, s. 2), podporuje biodiverzitu a může vést dokonce k migraci podél komunikací. Problém ovšem nastává při prvním křížení silnic, či putování živočichů podél silnice až do obydlených oblastí (Dufek et al., 2004). Okraje komunikací v žádném případě nenahrazují přírodní biokoridory.

Další primární vlivy na organismy jsou hlukové, světelné a vzduchové znečištění a fyzické změny (hustoty půdy, reliéfu krajiny, hydrologické a mikroklimatické poměry) v okolí dopravních liniových prvků. Z výfukových plynů se do okolí dostává mnoho škodlivých látek. Posypové směsi mění pH v bezprostředním okolí komunikací a škodlivě (až smrtelně) poškozují vegetaci. Řadu živočichů odrazuje především hlučnost komunikace a její umělé osvětlení. Naopak Dufek et al. (2004) zjistil častější výskyt některých druhů (zejména netopýři) v blízkosti veřejného osvětlení kvůli výskytu potravy (hmyz).

Sekundární ekologické efekty představují změny ve využívání půdy, lidském osídlení a výstavba dopravní infrastruktury. Tyto změny se mohou kumulovat: výstavba nové silnice zlepší dopravní přístupnost a atraktivní stavební pozemky, nárůst jejich využití potom vytváří tlak na rozšíření stávající silnice atd. Mezi sekundární vlivy řadíme i otevření prostoru pro invazivní druhy rostlin, zavlečení druhů živočichů, kteří mohou způsobovat nadměrnou pastvu, a mimo jiné i zvýšení frekvence požárů (Jaeger et al., 2005).

2.2.2.2 Ztráta lokality

Podle studie COST 341 (European Commission, 2002) se na fragmentaci podílí i fyzický zábor půd, a to nejen samotné zastavěné plochy dálnic a silnic, ale i jejich ostatní příslušenství (parkoviště, čerpací stanice atd.). Zábor půdy je také jednou ze základních studií dopadů na životní prostředí (EIA). Největší problém způsobuje na lokální úrovni. Na vyšší prostorové úrovni jde z hlediska využití krajiny pouze o okrajovýjev.

Důležitá je i otázka vyváženého řešení technických a biologických zájmů na okraji silnice. Vegetace poblíž krajnice zadržuje prach a hluk dopravy a vytváří příjemný ráz krajiny. Vegetace kolem silnice zajišťuje nová stanoviště pro živočichy (ptáky, plazy, hmyz atd.), ale jejich koncentrace může způsobovat vyšší riziko střetu s vozidly. Porost podél krajnice (křoviny, stromová alej atd.) ovšem způsobuje větší rizika vážnějších dopravních nehod (srážka se stromem oproti vyjetí do volného prostoru). Krajnice také slouží jako biokoridor. Pomocí dopravních prostředků se mohou šířit i některé druhy rostlin. Některé druhy živočichů využívají k obživě i organismy sražené autem.

Na první pohled způsobuje doprava nejvíce škod usmrcováním živočichů. Tyto ztráty rostou v závislosti na intenzitě dopravy. Nejedná se pouze o náhlou smrt po kolizi s vozidlem, ale i o smrtelná zranění živočichů umírajících následně mimo prostor komunikace (European Commission, 2002). Ztráty na životech lidí jsou v tomto případě minimální, jedná se především o materiální škody a ekonomické následky v důsledku ztráty času vyplývající z dopravní nehody (Tillmann, 2005). Zvyšující se počet kolizí naznačuje rostoucí trend populací. Problém nastává v dohledávání umírajících zvířat v krajině. Podle Tillmanna (2005) se lidé v případě hodnocení dopadů dopravy na přírodní prostředí podvědomě zaměřují právě na kolize se zvířaty, protože mohou být snadno kvantifikovány. Zamezení kolizím dosáhneme oplocením komunikace, to ovšem zvětšuje bariérový efekt a tím i fragmentaci krajiny. Bylo prokázáno, že dopravní kolize způsobují pouze zanedbatelný podíl (méně než pět procent) na celkové úmrtnosti v rámci populací a že dopravní provoz způsobuje konstantní ztráty nezávislé na hustotě populace (European Commission, 2002). To ovlivňuje především vzácné a ohrožené druhy, jejichž početnost je nízká.

2.2.2.3 Bariérový efekt

Bariérový efekt se skládá z kombinace disturbancí a vyvarování se škodlivým prvkům (znečištění, pohyb vozidel, lidská činnost), fyzických bariér (ploty, příkopy, vysoké zdi) a úmrtí při nehodách. Müller a Berthoud (1997) vymezují pět kategorií dopravních bariér odstupňovaných podle intenzity dopravy:

- a) lokální a obslužné komunikace s velmi malou intenzitou dopravy, které mají omezující dopad na bezobratlé a mohou odradit od pohybu malé savce
- b) železnice a státní silnice s intenzitou do 1 000 vozidel za den způsobují náhodnou dopravní úmrtnost a zvyšují vliv na drobné savce, přesto však dále dochází k přechodům
- c) silnice s 5 000 vozidly za den znamenají vážnější překážku pro menší savce (hluk a pohyb vozidel má odstrašující vliv), u větších savců není zvýšení bariérového efektu úměrné nárůstu dopravy

- d) silnice s intenzitou mezi 5 000 – 10 000 představují významnou bariéru s odpuzujícím účinkem a díky němu s konstantní úmrtností živočichů
- e) dálnice s provozem nad 10 000 vozidel za den tvoří neprůchodnou bariéru, dálnice svým hlukem odrazují živočichy od přechodu a ti, kteří se přesto pokoušejí komunikaci překonat, bývají často usmrceni vozidly

Otázkou zůstává, jak celkově limituje dopravní infrastruktura populace živočichů. Kde je hranice (prahový bod), která už způsobuje degradaci populace. Odpovědi na tyto otázky nalezneme až po delším sledování více populací živočichů, neboť nelze sledovat pouze jednu populaci (i v rámci jednoho druhu). Každá skupina živočichů žijící v odlišném prostředí vykazuje různé způsoby chování a rozdílnou potřebu přechodu přes dopravní koridory, např. při hledání potravy, rozmnožování nebo dálkových migracích (Jaeger et al., 2005). Proto by se měly vytvářet studie na více místech v regionu a dbát na důkladný monitoring a empirický výzkum v oblasti pohybu živočichů (European Commission, 2002; Jaeger et al., 2005).

2.3 Fragmentace krajiny v Evropě

Evropská krajina je na první pohled velmi rozmanitá. Nalezneme zde vysoká pohoří s obydlenými horskými údolími, pobřežní nížiny s vysokou hustotou zalidnění a rozvinutou dopravní sítí, ale i krajinu řídce obydlenou. Především západní Evropa patří mezi nejvíce ekonomicky rozvinuté oblasti světa. Proto se nevyhneme ani myšlence, že pod ekonomickým a sociálním tlakem je upřednostňován rozvoj dopravní sítě na úkor životního prostředí. Tudíž je potřeba při studii fragmentace kombinovat nejen biologické a geofyzikální, ale i socioekonomické údaje.

Fragmentace krajiny v Evropě podle studie European Environment Agency (dále jen EEA, 2011) je dána především výstavbou dopravní infrastruktury a navýšením její přepravní kapacity a stále se zvětšující rozlohou zastavěných ploch. Vysoké hodnoty fragmentace se nachází především v okolí velkých měst a podél hlavních dopravních koridorů západní a střední Evropy. Naopak odlehlá místa Skandinávie či horské oblasti jsou méně fragmentované. Nejvíce fragmentaci ovlivňuje hustota zalidnění, objem cestujících a přepraveného zboží (EEA, 2011). Bylo prokázáno, že míra fragmentace krajiny úzce koreluje s výší hrubého domácího produktu (EEA, 2011).

K hodnocení fragmentace krajiny vybraných států Evropy je použito více měřítek. Zprv se bere v úvahu průměrná hodnota fragmentace pro celé státní území. Dalším velikostním měřítkem pro hodnocení krajiny jsou regionální úrovně NUTS-X, které umožňují lépe porovnávat evropské regiony. Na nejnižší úrovni se území rozděluje na čtvercovou síť o rozloze čtverce 1 km². Tento způsob měření poukazuje na vliv geografické polohy. Hustě obydlená území (západní a částečně střední Evropy) a okolí velkých měst zastupuje vysoká míra fragmentace, kdežto horské oblasti jsou fragmentovány méně (severní části Skandinávie, vysokohorské oblasti Pyrenejí a Alp, Bulharsko, Rumunsko).

2.3.1 Fragmentace podle států – porovnání situace s ČR

Podle studie Landscape fragmentation in Europe (EEA, 2011) najdeme nejvíce fragmentovanou krajinu v zemích Beneluxu, kde převažuje vysoká míra urbanizace a velká hustota zalidnění (obrázek 1). Další zemí v pořadí je Německo. Tato země má dlouhou tradici v silniční a dálniční dopravě. Nalezneme zde jednu z nejhustších dálničních sítí na světě, velmi vysoký objem osobní a nákladní

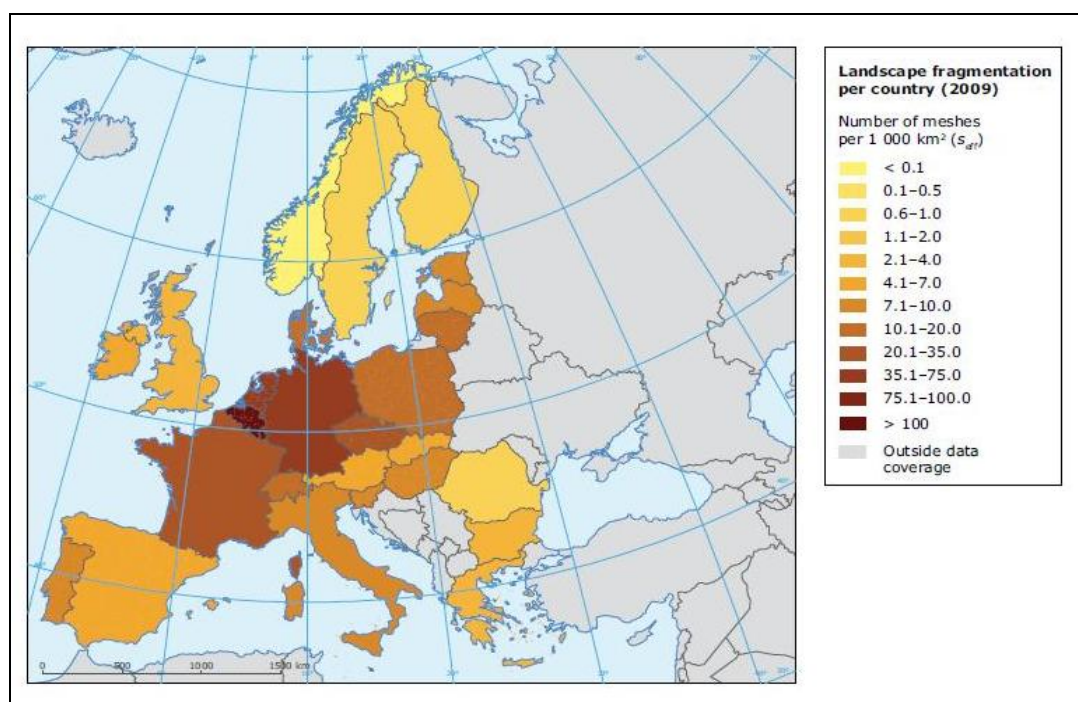
přepravy a velmi málo fyzicko-geografických překážek (EEA, 2011). Francie se rozděluje na severní část s podobně vysokou mírou fragmentace jako v zemích Beneluxu a slaběji fragmentovanou jižní část, která je více hornatá a srovnatelná se Španělskem a Itálií. Česká republika a Polsko vykazují poměrně vysoké hodnoty téměř jako Německo a to i přes rozdílný vývoj ekonomik od poloviny minulého století a menší hustotu zalidnění Polska. Alpské země jsou podle celostátního průměru hodnoceny jako málo fragmentované (úroveň Dánska, Lotyšska), ovšem horská údolí vykazují daleko vyšší míru fragmentace krajiny než celostátní údaje. Země ve Středomoří vykazují trochu odlišný model fragmentace krajiny. Výstavba dálniční sítě se provádí v okolí velkých měst a na pobřeží, kdežto ve vnitrozemských oblastech je dopravní síť řidká (Nijkamp a Goede, 2002). Velká Británie se rozděluje na dvě části. Velmi vysoká hodnota fragmentace v městských oblastech (nejvíce roztržštěné území v Evropě - vnitřní a vnější Londýn) a docela nízká hodnota v severovýchodním Skotsku a ve vyšších polohách. Vysokou fragmentaci vykazuje také spojení blízkých městských aglomerací. Nízká fragmentace v Rumunsku je ovlivněna nižší celkovou rozvinutostí země, ale i horskými oblastmi Karpat a vysokým zastoupením chráněných oblastí a národních parků, což chrání biologickou rozmanitost, a tím zabráňuje rozšíření a zlepšení silniční sítě. Všechny skandinávské země mají podobný charakter fragmentace. Vysoké hodnoty nalezneme v blízkosti větších měst. Stupeň fragmentace klesá od jihu k severu, je to dáno především klimatickými podmínkami ovlivňujícími hustotu zalidnění a polohou Skandinávského pohoří. Díky malé rozloze vykazují vyšší hodnoty fragmentace i malé ostrovy, např. Malta. Ostatní evropské země řadíme do výše zmíněných skupin s podobnou strukturou a důvody fragmentace krajiny.

Česká republika (ČR) jako stát v porovnání s Evropou vykazuje poměrně vysokou míru fragmentace. To je dáno hustou sídelní a dopravní strukturou. I přes to se nejedná o tak vysokou míru fragmentace, jako například v západní Evropě, kde krajina prošla zásadní antropogenní přeměnou a v posledních desetiletích se realizují revitalizační a defragmentační projekty (Anděl et al., 2010). Díky opoždění výstavby dopravní infrastruktury oproti západní Evropě by se měla ČR poučit a začít chránit konektivitu krajiny co nejdříve.

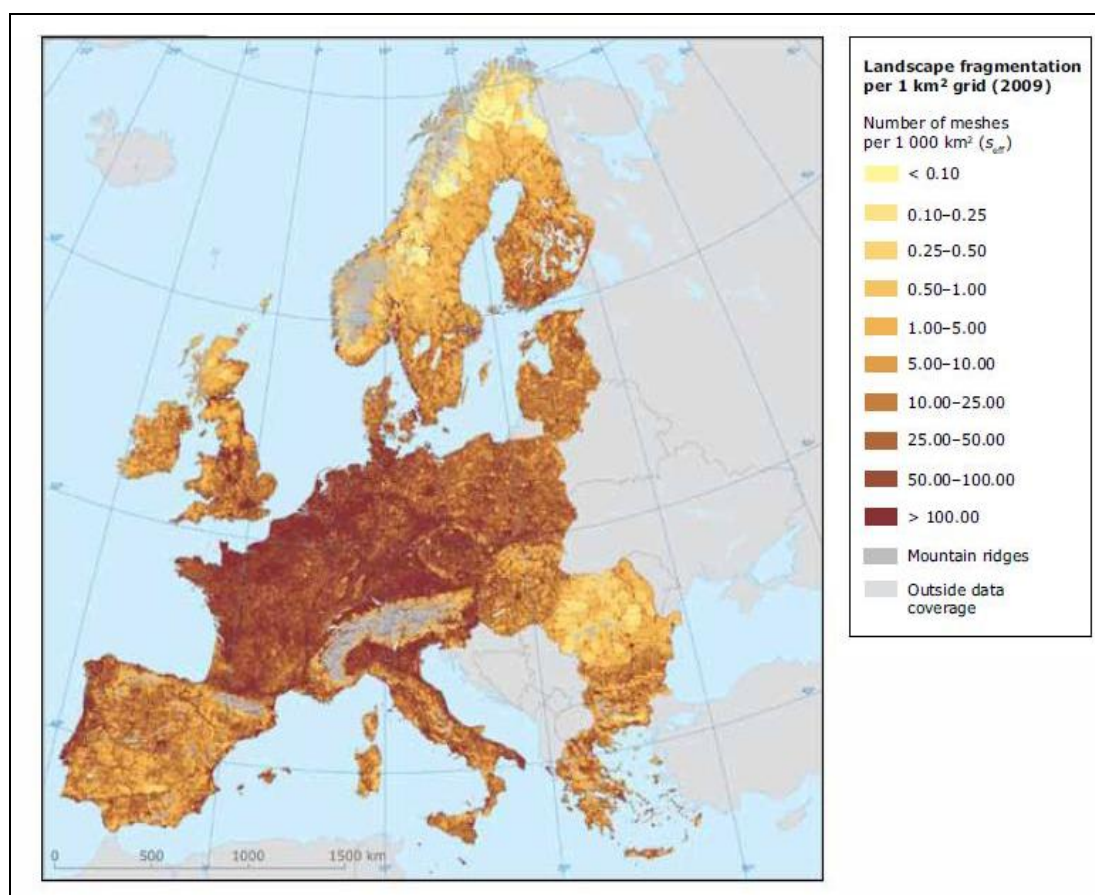
2.3.2 Fragmentace krajiny podle sítě 1km²

Nejpodrobnější způsob hodnocení fragmentace použitý ve studii EEA je použití čtvercové sítě (plocha jednoho čtverce je 1 km²). Tento způsob více zohledňuje nerovnoměrné rozložení faktorů ovlivňujících fragmentaci krajiny a lépe vykresluje lokální roztržštěnost krajiny (EEA, 2011). Vysoká hodnota fragmentace se nachází v západní a střední Evropě a podél pobřeží ve Středomoří. Naopak nízké hodnoty se vyskytují v Rumunsku a severních oblastech Skandinávského poloostrova. Vyniknou zde především vysokohorské oblasti (Alpy, Pyreneje, Karpaty, Balkánské pohoří) s minimální mírou fragmentace v kontrastu s horskými údolími, kde je krajina velmi rozčleněna (obrázek 2).

Při pohledu na mapu fragmentace krajiny v Evropě (obrázek 2) zřetelně vystupují příhraniční pohoří Českého masivu. Míru fragmentace příhraniční krajiny lze srovnat s podobně méně fragmentovanými oblastmi Slovenska a Maďarska. Oblast středních, severních a západních Čech je naproti tomu podobná intenzivně fragmentovaným krajinám západní Evropy. Nejvíce fragmentované území v ČR však nedosahuje enormní intenzity států Beneluxu, či podhůří Alp.

Obrázek 1: Fragmentace krajiny v Evropě podle států, 2009

Zdroj: European Environment Agency, 2011

Obrázek 2: Fragmentace krajiny v Evropě podle sítě 1 km², 2009

Zdroj: European Environment Agency, 2011

Kapitola 3

Ekologické sítě

3.1 Ekologické sítě jako nástroj ochrany krajiny před fragmentací

Na přírodní oblasti v silně fragmentované krajině se může nahlížet jako na izolované ostrůvky na moři (Teorie ostrovní biogeografie, McArthur et Wilson, 1967; Jongman et al., 2004), které se v důsledku rostoucího využívání půdy a rozvoje silničních sítí stále zmenšují a tím se stávají izolovanějšími. Proto je nutné chránit a případně i obnovovat konektivitu krajiny, kterou definuje Taylor et al. (1993) jako míru, se kterou umožňuje krajina pohyb pro volně žijící živočichy. Zásadním nástrojem ochrany prostupnosti a konektivity krajiny jsou ekologické sítě.

Ekologická síť se skládá z biocenter a biokoridorů. „*Díky propojení biocenter pomocí biokoridorů přechází ekologická síť do existence v krajině,*“ definuje Buček et al. (2007, s. 12). Propojení stanovišť podporuje rozvoj biodiverzity v krajině, proto potřebujeme především v kulturní krajině obnovení její konektivity a rozšíření zdrojových plošek. Jongman et al. (2004) určuje základní krajinné koncepty, které ovlivňují lidskou činnost a jsou základem ekologické sítě: přírodní nosná kapacita, samočisticí schopnost, ekologická stabilita atd.

Nejdůležitější částí ekologické sítě jsou biocentra (Buček et al., 2007), oblasti, které zajišťují podmínky trvalé existence druhů v krajině. Biocentra jsou definována tak, aby obsahovala řadu přírodních stanovišť i části kulturní krajiny. Rozdělují se na stávající a plánované (Buček et al., 2007). Oba typy musí zajistit svoji funkčnost v celé vymezené krajině. Biokoridory slouží především k migraci živočichů a šíření toků (energie, informací atd.). Nemusí poskytovat podmínky k trvalému životu, ale nalezneme i živočichy, kteří nacházejí útočiště právě v biokoridorech (především ptáci). V přírodní krajině funguje jako biokoridor příbřežní vegetace podél vodních toků. V kulturní krajině jsou to především stromové aleje a křoviny podél komunikací či uměle vysázené pásy lesa, které by měly odpovídat genotypům daného území (Kender, 2000). Stejně jako u biocenter se musí biokoridory doplnit tam, kde chybějí nebo jsou hodně poškozeny. Dle Bučka et al. (2007) ekologická síť nejlépe funguje, pokud zajišťuje vysoký stupeň stability v krajině.

Plánování ekologických sítí si zakládá na potenciální rozmanitosti přírodních ekosystémů, což závisí na stálých ekologických podmínkách (geobiocenóza) daného místa (geologické podloží, reliéf, půda a klima). Umístění nových biocenter a biokoridorů upřednostňuje právě blízkost se stejnou či podobou geobiocenózou (Buček et al., 2007).

Specifickou funkci biokoridorů mohou plnit také vodní toky a navazující vegetace. V České republice činí jejich celková délka přibližně 91 000 km, ovšem značná část jich je uměle regulována či kanalizována, což může bránit prostupnosti biokoridoru (vysoké kamenné zídky, stupně v korytě atd.).

3.2 Ekologické sítě v ČR a v Evropě

Řada evropských států na svém území vymezuje ekologické sítě různého rozsahu a charakteru, jejichž hlavním cílem je ochrana prostupnosti krajiny pro organismy (např. Jongman et al., 2004; Woess et al., 2002). Na celoevropské úrovni byla vymezena jednotná síť European Ecological Network (EECONET). Jedná se spíše o soustavu sítí, které mají zahrnovat jednotlivé národní ekologické sítě (Kopecká et Míchal, 1995). Hlavním zájmem dle Eeconet Action Fund (EAF, 2009) je zachovat přírodní hodnoty v Evropě a chránit ta území, kde byla zaznamenána zvýšená biologická a krajinná rozmanitost. Evropská síť na území ČR se skládá ze tří typů prvků (Kopecká et Míchal, 1995; Tillmann, 2005). Prvním jsou jádrové oblasti (biocentra), základní kámen ekologické sítě, tvořené reprezentativními ekosystémy. Druhý důležitý prvek na ochranu konektivity se nazývá koridor, který propojuje biocentra a umožňuje jejich prostorovou komunikaci. Posledním prvkem je území nebo plocha zvýšené péče o krajinu, jež může být v budoucnu reprezentativním ekosystémem či jakousi ochranou bariérou vůči vnějším vlivům. Dále EAF (2009) uvádí konkrétní opatření (5) na zachování ekologické stability:

- a) identifikace klíčových oblastí s cílem zajistit zachování stanovišť a druhů
- b) poskytnutí koridorů a odrazových můstků k posílení soudržnosti přírodních systémů
- c) zakládání nových oblastí (stanoviště, koridory) sloužících k rozšíření sítě
- d) vymezení ochranných zón k ochraně jádrových oblastí a koridorů
- e) zlepšení kvality životního prostředí krajiny jako celku

Ekologická síť EECONET zahrnuje národní sítě, musí respektovat jednotlivé zvláštnosti přírodních podmínek, tudíž je důležitá mezinárodní spolupráce po celé Evropě (Kopecká et Míchal, 1995).

Druhou ekologickou sítí (soustavou) je Natura 2000, která zajišťuje ochranu různých typů stanovišť. Její realizaci zajišťují dvě směrnice (European Commission, 2009): Směrnice o ptácích (z roku 1979) a Směrnice o stanovištích (1992). Členské státy jsou povinny na svém území navrhnout významné lokality, které slouží k ochraně ptáků a stanovišť. Ke konci roku 2008 tvořilo síť 25 000 lokalit, které zabíraly 20 % rozlohy Evropské unie (EU), plus 100 000 km² mořského prostředí (European Commission, 2009). Natura 2000 je podle EU klíčem ke snížení úbytku biologické rozmanitosti, do roku 2009 již ochraňovala více než 1 000 vzácných a ohrožených druhů živočichů a rostlin a 200 typů stanovišť na území 27 členských států (European Commission, 2009).

Mezi další evropské sítě řadíme zavedení systému Zelená infrastruktura (Green Infrastructure, 2007), Network of Area of Special Conservation Interest, Trans-European Wildlife Networks Project. Samozřejmě vznikají i ekologické sítě na úrovni jednotlivých států. Ve Švýcarsku je to například Swiss Landscape Concept (Jaeger et al., 2008), nebo v Německu Habitat Corridor Network. Na

úrovni České republiky je to především územní systém ekologické stability (Buček, 2009) či síť dálkových migračních koridorů pro velké savce (Anděl et al., 2010).

3.3 ÚSES vs. migrační koridory v ČR

Územní systém ekologické stability (dále jen ÚSES) Buček a Lacina (1993) definují jako soustavu ekologicky stabilnějších segmentů krajiny rozmístěných a propojených podle funkčních a prostorových kritérií. Zmíněnými kritérii jsou rozmanitost potenciálních přírodních ekosystémů, prostorové vazby, minimální prostorové parametry (plocha biocenter, šířka biokoridorů) a aktuální ekologický stav krajiny (Lipský, 1998). Dále rozdělují Buček a Lacina (1993) ÚSES na tři hierarchické úrovně: lokální, regionální, nadregionální. Lokální ÚSES zastupuje nejhustší síť ekologicky stabilních částí krajiny. Buček (2009) dodává, že lokální biocentra a biokoridory neslouží primárně k ochraně biodiverzity, ale mají více využití (např. hospodářský les s přirozenou dřevinnou skladbou, protierozní opatření atd.). Regionální ÚSES zajišťuje podmínky k udržení druhové rozmanitosti určitého bioregionu. V České republice se nachází 90 bioregionů a 1 526 regionálních biocenter (Lipský, 1998). Nadregionální úroveň zajišťuje hlavní migrační trasy flóry a fauny, která jsou (měla by být) alespoň částečně chráněna legislativně, například přírodní rezervací (Lipský, 1998). Prostorové parametry ÚSES ukazuje tabulka 1. Rozloha biocenter je pouze orientační, závisí vždy především na typu společenstva (Buček a Lacina, 1993). Do regionálního biokoridoru se vkládají lokální biocentra, proto délka 400 – 1000 m reprezentuje dílčí délku biokoridoru. Nadregionální biokoridory se skládají z regionálních biocenter a biokoridorů a většinou jsou naznačeny pouze směrem migrace (Buček a Lacina, 1993).

Tabulka 1: Prostorové parametry ÚSES

	Biocentrum (ha)	Biokoridor
Lokální	1–5	délka 1–2 km min. šířka 10–20 m
Regionální	20–70	délka 400–1000 m min. šířka 20–50 m
Nadregionální	1000 a více	nevymezeno

Zdroj: Lipský, 1998; vlastní zpracování

3.3.1 Projektování ÚSES

Podklady pro tvorbu ÚSES zajišťuje především kostra ekologické stability a ekologicky stabilní segmenty. Kostru ekologické stability (KES) tvoří ekologicky významné segmenty krajiny, kde najdeme především přírodní a přirozená společenstva s vyšší biodiverzitou (Buček, 2009). Zachovaly se především tam, kde jsou ztížené podmínky pro hospodářskou činnost. V intenzivně obhospodařované krajině se používá relativní výběr, tudíž také stanoviště s méně hodnotnou biodiverzitou (např. polní lesík v zemědělské krajině, Buček, 2009). Dále se využívají kontrastní plošky v krajinné matici, které rozšiřují ekologické niky druhů, což zvyšuje biologickou rozmanitost.

Přírodní prvky ekologické stability mají malou rozlohu a jsou většinou izolované. Proto se musejí doplnit o nové prvky, které zajistí fungující ekologickou stabilitu krajiny. Vytvářením systémů ekologické stability dochází podle Bučka (2009) k naplnění několika cílů. Jedná se o zachování

přírozeného genofondu krajiny a unikátních krajinných fenoménů, zajištění příznivého vlivu na obhospodařovanou krajinu a zastavěné plochy a přispění ke komplexnímu fungování krajiny. Při projektování se používá metodický postup založený na pěti základních kritériích (Buček 2009): rozmanitost potenciálních ekosystémů (lokalizace biocenter) a jejich prostorové vztahy (navrhování tras biocenter), prostorové a časové parametry biocenter a biokoridorů, přesné zmapování aktuálního stavu krajiny, společenské limity a záměry (zapracování ÚSES do legislativy pomocí územního plánování, pozemkových úprav a lesních hospodářských plánů).

3.3.2 Východiska a současný stav tvorby ÚSES

Druhá polovina 20. st. je v České republice ve znamení destabilizace krajiny a snahy přizpůsobit ji zemědělské a lesnické výrobě a potřebám urbanizace. Během několika let byl narušen staletý (v nížinách osídlených už od pravěku až tisíciletý) vývoj venkovské krajiny směřující k dosažení rovnováhy přírodních a krajino tvorných složek (Buček, 2009). Biologickou rozmanitost v kulturní krajině nelze zachovat pouze pasivní ochranou přírody, proto se od konce 70. let 20. st. rozvíjí koncept ekologické stability (Buček, 2009). Výsledkem je návrh ekologické sítě v krajině z existujících a navrhovaných relativně ekologicky stabilních segmentů přispívajících k zachování biodiverzity (Buček, 2009).

Projektování ÚSES je veřejným zájmem, na kterém spolupracují soukromí vlastníci pozemků, obce i stát (Buček, 2009). Ministerstvo životního prostředí pak stanovuje závazné právní předpisy o vymezení a hodnocení systému ekologické stability. Největší problém je ovšem rozdílnost v plánovací dokumentaci na lokální úrovni. Plány ekologické stability většinou nenavazují na sousední území, nemají stejnou formu, nebo je dokonce vytvářejí nedostatečně kvalifikovaní pracovníci. Návrhy na sjednocení formální stránky dokumentací zatím stále nebyly vyslyšeny.

Podle studie Bínové (1997) by stačilo na zakládání ÚSES v ČR 53 000 ha (1,1 % z celkové plochy zemědělské půdy). Celkové údaje o aktuálním stavu nových součástí ÚSES v ČR však chybí. První pokusy o umělé založení ekologických sítí vznikaly v 90. letech 20. století v okolí obcí Vracov, Strážice a Křižanovice. Na území měst, příklad Brno (Havlíček et al., 2009), je nutno nejprve založit samosprávný orgán (Správa ÚSES), který posléze bude dbát na zajištění tvorby biocenter a biokoridorů.

3.3.3 Migračně významná území, migrační síť

Udržení a obnovení konektivity krajiny využijí především větší savci, kteří potřebují k životu veliký prostor. Propojenost krajiny zajišťují migračně významná území a migrační síť. Migračně významná území (dále jen MÚV) se nachází téměř na polovině rozlohy ČR. Mají, až na drobné výjimky, plošný charakter a vytvářejí propojenou síť (Anděl et al. in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010b). Rozložení MÚV závisí na využití krajiny, především na hustotě osídlení a průmyslu (Anděl et al. in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010b). Plocha MÚV se rozděluje do jednotlivých krajů (tabulka 2). Nejvhodnější oblast se nachází v pohoří Šumava, které je označováno jako nejvhodnější a nejrozsáhlejší komplex biotopů pro velké savce (Anděl et al. in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010b). Z hlediska přírodních podmínek lze členit MÚV podle nadmořské výšky, kde převládají vrchoviny (47,9 % rozlohy) a pahorkatiny (36,4 %), a podle typů biotopů, ve kterých jasně dominují lesy (65,6 %) následované ornou půdou, loukami a pastvinami (33,5 %). Zásadní je vazba MÚV na

různé kategorie ochrany přírody. V tabulce 3 je vidět procentuální podíl dílčích ochranných opatření na celkové ploše MVÚ. Největší podíl mají zvláště chráněná území (23,3 %) v čele s chráněnými krajinnými oblastmi. MVÚ využívají především ptačí oblasti a evropsky významné lokality (obě opatření spadají pod soustavu Natura 2000), jejichž území zahrnuje více než 80 % z MVÚ (Anděl et al. in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010b). MVÚ se využívá hlavně při plánování ÚSES. Přibližně 35 % rozlohy MVÚ tvoří nadregionální biokoridory. Nadregionální biocentra jsou pokryta z 85 % plochou MVÚ.

Tabulka 2: Rozloha MVÚ podle jednotlivých krajů

Kraj	Rozloha MVÚ (km ²)	Podíl MVÚ na rozloze kraje (%)
Jihočeský	6 230	61,8
Jihomoravský	2 131	30,1
Karlovarský	1 922	57,9
Královéhradecký	1 469	30,8
Liberecký	1 585	50,1
Moravskoslezský	2 478	44,5
Olomoucký	2 104	40,9
Pardubický	1 610	35,6
Plzeňský	4 067	53,7
Praha	0	0
Středočeský	3 128	28,4
Ústecký	1 701	31,8
Vysočina	3 136	45,3
Zlínský	1 938	48,9

Zdroj: Anděl et al., 2010

Tabulka 3: Rozloha MVÚ podle kategorií ochrany přírody

Kategorie	Rozloha MVÚ (km ²)	Rozloha MVÚ (% celkové rozlohy MVÚ)
Zvláště chráněná území (ZCHÚ)	8 986	26,7
z toho: Národní parky	1 149	3,4
Chráněné krajinné oblasti	7 837	23,3
Natura 2000 (ptačí oblasti)	5 717	17,0
Natura 2000 (evropsky významné lokality)	6 066	18,0
přírodní parky	5 419	16,1
nadregionální biokoridory (ÚSES)	–	35

Zdroj: Anděl et al., 2010, vlastní zpracování

Migrační síť pro velké savce se skládají z dálkových migračních koridorů. Dálkové migrační koridory (dále jen DMK) zaujímají klíčový postoj k zachování konektivity krajiny a jejich hlavní funkcí je umožnit migraci velkých savců na území ČR a střední Evropy (Anděl et al. in Anděl, Mináriková, Andreas 2010a). DMK hierarchicky spadají pod MVÚ, ale na území s omezenou migrační průchodností fungují jako jediné možné opatření k zachování migrace. Anděl et al. (in

Anděl, Mináriková a Andreas, 2010a) vymezují DMK jako liniové krajinné struktury několik kilometrů dlouhé s ochranným pásmem 250 m na obě strany. Pokud koridor narušuje nějaká neprůchodná bariéra, nazývají Anděl et al. (in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010a, s. 106) toto místo jako kritické a snaží se je zjednodušit pomocí detailního návrhu migrační trasy (výstavba zeleně, ekodukt). Při vymezování DMK se mimo jiné zkoumá průchodnost bariér. Pro zajímavost uvádím přehled limitujících překážek považovaných za neprůchodné (tabulka 4).

Vzhledem k podmínkám v ČR, nemůže být rozložení koridorů pravidelné. Anděl et al. (in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010a) hodnotili DMK mimo jiné z hlediska hustoty v jednotlivých krajích. Nejvyšší hustotu najdeme ve Zlínském ($0,183 \text{ km} / \text{km}^2$), nejnižší pak v Královéhradeckém ($0,096 \text{ km} / \text{km}^2$). Na území hlavního města Prahy není vymezen žádný koridor. ÚSES využívá DMK jen částečně, neboť se liší v metodice vymezení (Anděl et al. in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010a). ÚSES ochraňuje jak lesní, tak i nelesní biotopy a umožňuje přerušování biokoridoru. I přes tato opatření DMK propojují 70 % nadregionálních a 30 % regionálních biocenter. Navíc jsou DMK napojeny na příhraniční koridory vymezované či připravované v sousedních státech a mohou se tudíž stát součástí celoevropské ekologické migrační sítě (Anděl et al. in Anděl, Mináriková a Andreas, 2010a).

Tabulka 4: Přehled limitních parametrů pro různé bariéry

<i>typ bariéry</i>	<i>kritéria, při kterých se bariéra považuje za neprůchodnou</i>
<i>osídlení</i>	souvislá zástavba nebo volná vzdálenost mezi obcemi menší než 50 m, u rozptýlené zástavby vzdálenost mezi objekty (ploty) menší než 10 m
<i>dálnice a silnice</i>	úplné mechanické zábrany (protihlukové stěny, opěrné zdi, zpevněné prudké násypy a zářezy, oplocení) na libovolné kategorii silnic; dálnice a rychlostní komunikace bez migračních objektů
<i>železnice</i>	úplné mechanické zábrany (protihlukové stěny, opěrné zdi, zpevněné prudké násypy a zářezy, oplocení) na libovolné kategorii železnic; vysokorychlostní tratě
<i>vodní toky</i>	technicky upravené zpevněné břehy, které zcela znemožňují volný vstup do toku; šířka vodní plochy větší než 500 m
<i>oplocené areály</i>	stabilní vysoké (nad 2 m) oplocení drátěné, betonové, dřevěné, plechové; průchod mezi oplocenými areály užší než 10 m
<i>bezlesí</i>	vzdálenost mezi lesními porosty v krajině bez stromů větší než 5 km, v krajině s rozptýlenou zelení větší než 10 km

Zdroj: Anděl et al., 2010, vlastní zpracování

Kapitola 4

Metody měření a současná opatření proti fragmentaci krajiny

Fragmentace krajiny a přírodních stanovišť je významný faktor, který přispívá k poklesu biologické rozmanitosti. Fragmentující bariéry brání v pohybu organismů a narušují jejich životní prostor, v některých případech je dokonce svou polohou izolují a zamezují tak genové výměně. Proto je potřeba se zabývat hodnocením fragmentace krajiny. Fragmentační metriky se vyvinuly z nástrojů hodnotících ekologické procesy (Li et Wu, 2004). Jeager (2002) mezi sebou porovnával 22 fragmentačních metrik z hlediska spolehlivosti pro kvantifikaci fragmentace krajiny, z nichž jako nejvhodnější metriku vyhodnotil *effective mesh size*. Míra fragmentace krajiny různými přístupy se hodnotí po celém světě na všech prostorových úrovních (např. Grivetz et al., 2008; Hobbs, 1993).

4.1 Metodika měření na území Evropy

Existuje mnoho nástrojů, které nějakým způsobem hodnotí krajinu. V neposlední řadě se odborníci snaží hodnotit i fragmentaci krajiny. Nástroje *Landscape division*, *Splitting index* a *Effective mesh size* (Jaeger, 2000) určují míru fragmentace krajiny z pohledu geometrického. Na území Evropy, ve studii EEA (2011), jsou použity ukazatele *effective mesh size* a *effective mesh density*. Oproti ostatním metodám mají několik výhod. Berou v úvahu všechny (i malé) plošky v síti dopravní infrastruktury a urbanizovaných zón. Jsou vhodné pro porovnání různě velikých fragmentovaných regionů s odlišným využitím (bydlení, průmysl a doprava). Spolehlivost byla potvrzena prostřednictvím systematického srovnávání s jinými metodami (Jaeger, 2000).

K analýze fragmentace krajiny je potřeba stanovit, které krajinné prvky jsou důležité pro geometrii fragmentace. Pro studii Evropy (EEA, 2011) byly použity tři typy fragmentační geometrie:

- a) FG-A1 (hlavní antropogenní fragmentace): sem patří dálnice a silnice první třídy, hlavní železniční tratě, zastavěné plochy
- b) FG-A2 (hlavní a střední antropogenní fragmentace): zahrnuje silnice nižších tříd, méně frekventovaná železnice

- c) FG-B2 (fragmentace nížinných oblastí): hornaté oblasti, jezera a velké vodní toky působí jako bariéry, jediný antropogenní faktor jsou silnice nižších tříd

Vliv bariérového efektu ovšem vždy záleží na jednotlivých druzích organismů. Některým například vyhovují bariéry FG-A2, podle kterých se mohou šířit, naproti tomu bariéry typu FG-B2 tento pohyb neumožňují.

K výzkumu fragmentace Evropy byla pro vyjádření plošných fragmentačních prvků použita data z Corine Land Cover z roku 2006 (minimální mapová jednotka 25 ha) a pro lineární bariéry (dopravní sítě) TeleAtlas dataset 2009, který neobsahuje všechny údaje o rumunských silnicích nižších tříd, tudíž údaje o fragmentaci Rumunska mohou být zkreslené (zejména se jedná o FG-S2, FG-B2). Kvůli velikým rozdílům v nadmořské výšce se musí provést i „klasifikace“ hor podle výšky. Zahrnuje nadmořskou výšku a sklon (vysokohorské oblasti nad 2 500 m a hory vysoké 1 500 m se sklonem větším než 2 stupně). Kromě toho se vymezuje i teplotní izolinie 9,5 °C (průměrná maximální teplota nejteplejšího měsíce) pro oblast Skandinávie, kde území pod tuto hodnotu je málo využívané člověkem (EEA, 2011). Z vodních toků jsou vybrány pouze ty s povodím větším než 3 000 km², protože díky splavnění bývají využívány k lodní dopravě a znesnadňují přechod pro větší savce. V celoevropské studii nelze z důvodu nižšího prostorového rozlišení dat Corine Land Cover zachytit změny menší než základní jednotka (25 ha), proto další informace je potřeba dohledat na regionální úrovni.

Fragmentaci lze rozlišit do šesti fází (tabulka 5), které na sebe nemusí nutně navazovat (Jaeger, 2000). V praxi tyto fáze nebývají striktně odděleny a mohou se vyvíjet i současně.

Tabulka 5: Citlivost nástrojů hodnocení fragmentace na její fáze

Fragmentation phase	Measures		
	D	S	m
<i>Perforation</i>	+	+	-
<i>Incision</i>	o	o	o
<i>Dissection</i>	+	+	-
<i>Dissipation</i>	+	+	-
<i>Shrinkage</i>	+	+	-
<i>Attrition</i>	+	+	-

Poznámka: *D* zastupuje landscape division index, *S* splitting index,
m effective mesh size

Zdroj: Jaeger, 2000

Znaménko + (-) naznačuje zvýšení (snížení) reakce na tento proces a *o* zastupuje nulovou reakci na proces fragmentace. Porovnání krajinných metrik ukazuje vhodnost metrik pro různé fáze fragmentace. Ve skutečné krajině se jednotlivé fáze překrývají, proto je nejlepší vybírat nástroje s reakcí ve stejném směru (tj. rostoucí, klesající). Jak vyplývá z tabulky 5, k hodnocení se hodí všechny tři nástroje. *D* a *S* jsou vhodné pro porovnání pouze těch regionů, které mají stejnou rozlohu. V ostatních případech je nejlepší použít nástroj *Effective mesh size* (*EMS*), jež plní i další požadavky pro měření fragmentace. Například díky svým vlastnostem umožňuje porovnat regiony s odlišnou velikostí, posoudit vliv změny fragmentace nějaké části regionu na celkovou fragmentaci regionu a při

posuzování fragmentace kombinovat regiony s různou velikostí, což neumožňují ostatní dva nástroje (Jaeger, 2000).

Jaeger (2000) uvádí i rovnice výpočtů jednotlivých metrik (*EMS* se věnuje v následující kapitole). *Degree of landscape division* (*D*) definujeme jako pravděpodobnost, že dvě náhodně vybraná místa v krajině se nenacházejí ve stejné nerozčleněné oblasti. Vypočítáme ho podle vzorce (Jaeger, 2000):

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_t}\right)^2}{n}$$

Kde *n* je počet plošek, *A_i* plocha plošky, *A_t* celková plocha zájmového území. Po vynásobení stem se může udávat i v procentech.

Splitting index (*S*) definuje Jaeger (2000) jako počet plošek stejné velikosti rozdělující krajinu při stejné hodnotě *D*.

$$S = \frac{A_t^2}{\sum_{i=1}^n A_i^2}$$

Kde *n* zastupuje počet plošek, *A_i* je plocha plošky a *A_t* celková plocha zájmového území.

Využití těchto nástrojů uplatníme v dokumentaci územního rozvoje a monitoringu (zejména pomalé změny v delším časovém horizontu). Hlavně je využijeme v prostorově diferenciovaném hodnocení fragmentace regionu a jeho částí a pro různé srovnávání regionů (Jaeger, 2000). Metriky systematicky hledají vztahy mezi strukturálními vlastnostmi, krajinnými vlastnostmi a směry krajinných změn. Testují hypotézy o existenci a umístění kritických prahových hodnot v prostorových vztazích (Jaeger, 2000). Použitím těchto metrik lze analyzovat alternativy v rozložení dopravních sítí, které by vedly k minimalizaci fragmentace (např. různé konstrukční postupy stavby silnic).

Jedním z cílů ochrany krajiny před fragmentací je i zachování nefragmentovaných ploch (Unfragmented area with traffic). Vymezením nefragmentovaných oblastí (dále UAT) se zabývalo více odborníků, například Gawlaka (2001), podle kterého musí UAT splňovat dvě podmínky. Musí být ohraničeny silnicemi s intenzitou dopravy vyšší než 1 000 vozidel za den, nebo víceokružními železnicemi a musí mít rozlohu více nebo rovno než 100 km². Většinou se však takto vymezené oblasti vhodné k realizaci ochranných opatření využívají jen málo. Selva et al. (2011) porovnával UAT a Naturu 2000 v Německu a zjistil, že 42 % rozlohy UAT je začleněno do soustavy Natura 2000. Proto nestačí pouze velikost plochy, ale důležitou část hraje i její kvalita. Provádí se tudíž zhodnocení kvality jednotlivých UAT z hlediska současného stavu a budoucí perspektivy. Podle metodického doporučení MŽP (Anděl et al., 2005) se analyzuje: kvalita biotopů, rizikovost vzniku bariér uvnitř UAT a celková kvalita.

4.2 Současná opatření proti fragmentaci krajiny

4.2.1 Predikce a monitoring

Pro prediktivní modely se používá fragmentační geometrie B2 (viz kapitola 4.1), protože vylučuje vliv fyzicko-geografických podmínek a regiony lze porovnat pouze z hlediska socioekonomického. Příkladem je poměr výsledných hodnot z *effective mesh density* a hustoty zalidnění. Dále lze zahrnout

do výpočetních modelů hrubý domácí produkt, úroveň vzdělání, rozsah ochrany životního prostředí atd. Pokaždé je však důležité správně interpretovat výsledky s ohledem na použítá kritéria. Výsledný model řeší kompromis mezi všemi regiony.

S jiným typem modelu přišel Jaeger et al. (2005), který se snaží zjistit, jakým způsobem se snaží živočichové vyhnout dopravním komunikacím. Model je založen na reakci živočichů na silnici (hluk, osvětlení atd.), citlivosti populací na přítomnost silnice, velikosti silnice a objemu dopravy.

Předpovědní modely by neměly nahrazovat monitoring v krajině. Měly by být použity, jestliže se skutečná míra fragmentace zvyšuje rychleji nebo pomaleji, než modely předpověděly. Pro budoucí hodnocení fragmentace krajiny a porovnání jejich výsledků by se měly dodržet stejné skupiny fragmentační geometrie (A1, A2, B2). Jednotlivé státy mohou využít výsledky ve svých výzkumech, ovšem dále je nutné postupovat ve větších prostorových měřítcích. Pro monitoring na evropské úrovni zavedla EEA skupinu TERM (Transport and Environment Reporting Mechanism), která publikuje zprávy od roku 2000 a tím přispívá k lepšímu porozumění prostorovým efektům dopravní infrastruktury.

4.2.2 Eliminace negativních důsledků fragmentace krajiny

Možnosti eliminace fragmentace jsou již známy. Jedná se o stavbu nových silničních komunikací blízko sebe (nebo jejich rozšíření) a technické řešení – přechody a podchody (Bissonette, 2005). Průchody musí být podle Dufka et al. (2004) velikostně upraveny podle potřeby živočicha, neměly by obsahovat nepřirodní prvky (dlažba, beton, zábradlí), ale spíše přírodní prvky (původní vegetace, keře), které slouží i k následnému monitoringu – kontrole používání zvířaty. K nasměrování zvířat k podchodu či nadchodu slouží také „svádějící ploty“, což je vysázená zeleň ve tvaru V (Dufek et al., 2004). Koncepce ochrany konektivity a vlivu nové stavby by se měla řešit již při stavbě komunikace (Hlaváč et Anděl, 2008).

Problém však nastává, pokud jsou tyto pomocné úpravy použity nesprávně. Příklad nevhodného umístění ekoduktu se nachází u Lipníku nad Bečvou (Dufek et al., 2004). Nejen že přes ekodukt vede lesní cesta, ale jeho jeden konec protíná další frekventovaná komunikace a za ní navíc začíná zástavba (obrázek 3). Dalším problémem bývá stavba nových dopravních komunikací několik set metrů od sebe, přičemž narůstá bariérový efekt (tento problém se řeší hlavně v ČR).

Obrázek 3: Nevhodně realizovaný ekodukt u Lipníku nad Bečvou

Zdroj: internetový portál mapy.cz

Z projektu COST 341 (European Commission, 2002) vzešly doporučení a zásady, které by měly sloužit v budoucnu k vyřešení problematiky fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou. Jedná se o zachování stanovištní konektivity a tím udržení možnosti pohybu pro živočichy. Pomoci může také systematický a jednotný přístup ke sběru dat nebo široká studie rušivých elementů a zmírnění degradace lokality. Stavba ekoduktů představuje spíše poslední řešení (většinou lze vyřešit levněji při spolupráci s ekologem). Monitoring by měl být standardizován a zahrnut do nákladů stavby. Dále je pak žádoucí začlenit do procesu plánování dopravní infrastruktury evropské a vnitrostátní předpisy, komplexní studie ve spolupráci projektantů, ekonomů, inženýrů, architektů a krajinných ekologů. V neposlední řadě je potřeba podporovat výměnu znalostí po celé Evropě, zapojení politiky a osvětu veřejnosti.

Negativní účinky fragmentace krajiny a izolace přírodních stanovišť se často projeví teprve za několik desetiletí, kdy dojde ke ztrátám na populaci jednotlivých druhů (Findlay a Bourdages, 2000). Jde především o přijetí preventivních opatření a poučení se ze stávajících chyb. Proto se například v Německu (Gawlak, 2001) navrhuje ochrana velikých nefragmentovaných ploch (pouze nízká hodnota intenzity dopravy) a regulace jejich fragmentace.

Výsledky analýzy fragmentace by měly sloužit jako základní data k vytvoření evropských ekologických sítí a následné podpoře ochrany vymezených nadregionálních koridorů. Pokračující nárůst fragmentace také zvýší budoucí náklady na opětovné propojení přírodních stanovišť.

Jednou z nejdůležitějších oblastí budoucího výzkumu je vztah fragmentace krajiny a biodiverzity. Musí zahrnovat odezvu druhů na zhoršení jejich životních podmínek, k tomu je ovšem zapotřebí zahrnout historické stavy krajiny. Důležitá je i otázka překročení prahových hodnot životaschopnosti populací. Prahové hodnoty závisí na požadavcích jednotlivých druhů na svá stanoviště a počtu

závažných bariér, které tato stanoviště fragmentují. Pokud dosáhne fragmentace bodu, odkud není návratu (*point of no return*, EEA, 2011, s. 57), postižená populace začne vymírat a nebude už možnost vymírající trend zvrátit. Je velmi obtížné posoudit vliv všech ekologických faktorů, což vyžaduje dlouhou dobu měření. Pro hodnocení krajiny by měl být použit spíše princip opatrnosti, který se používá u kvality vody a ovzduší.

Vymezují se čtyři způsoby ochrany před fragmentací krajiny (EEA, 2011): minimalizace negativních dopadů během plánování a stavby krajiny, obnovení konektivity přes stávající dopravní komunikaci, omezení dalšího růstu hustoty dopravních sítí a odstranění stávající dopravní infrastruktury. Tento seznam doplňuje například komunikace a vzdělání veřejnosti, hospodářské a tržní zařízení, reorganizace dopravy a podpora změn v chování. Vyskytuje se zde i myšlenka zavést povinné pojištění ekologických rizik, což zvýší odpovědnost za ekologické škody.

Důležitá je i ochrana zbývajících velkých nefragmentovaných ploch na základě stávajících map a znalostí stanovišť druhů, biotopů a kvality (Selva et al., 2011). Mapy mohou identifikovat, kde je potřeba okamžitá ochrana před fragmentací. Jedná se především o oblasti východní Evropy a pobaltské země, kde je míra fragmentace stále malá. Bylo by dobré poučit se a vyvarovat se chyb západní Evropy a ochránit krajinu před negativními důsledky rozvoje dopravní infrastruktury.

4.2.2.1 Technická řešení

Existuje několik řešení, jak omezit fragmentaci krajiny. Obecně platí, že čím větší bude spojená plocha, tím bude opatření účinnější, a že nejdražší řešení není vždy to nejlepší řešení. Níže je 5 možných technických řešení dle studie EEA (2011)

a) Tunely a volně prostupné pasáže

Stávající dopravní síť může zvěť překonat pomocí tunelů a výstavby nadchodů a podchodů při křížení staveb nebo zvýšení silnice na pilířích. Tunel dlouhý přes jeden kilometr zabráňuje škodlivému hluku. Lze využít i topografických podmínek, například postavit delší most přes potok, který umožní průchod zvěře i po souši.

b) Prioritně modernizovat stávající silnice (nevystavovat nové komunikace)

Zvýšení přepravní kapacity sice přispívá k posílení bariérového efektu, ale stále je to lepší řešení, než postavit další liniovou bariéru, která se většinou realizuje těsně vedle stávající silnice a tím daleko více zvýší míru fragmentace krajiny.

c) Svazek dopravních sítí

Když už dojde k realizaci výstavby nové dopravní cesty, měla by být umístěna co nejbližší a paralelně u některé stávající (např. nová silnice těsně u postavené železnice). Sice se tím zvýší bariérový efekt, ale na druhou stranu bude jednodušší překonat tuto pasáž najednou a nevznikne další roztříštění ploch.

d) Výstavba obchvatů měst co nejbližší zastavěným oblastem

Obchvaty měst je potřeba stavět co nejbližší k zastavěným oblastem a tím zachovat co největší nefragmentované území.

e) Odstranění nepoužívaných přepravních cest

Dopravní infrastruktura, která již není potřeba, by měla být odstraněna. Jedná se především o starší cesty, které byly modernizovány, či přesunuty. To je důležité především v oblastech koridorů pro migraci živočichů. V současné době je demontáž nepoužívaných silnic jen zřídka realizována.

Další způsoby řešení fragmentace jsou spíše relativní a podle mého názoru v dnešní společnosti těžko realizovatelné. Jedná se o snížení šířky silnic a snížení objemu dopravy, omezení městských oblastí, rozvoj vnitřních částí měst zhušťováním a o koncept oáz (EEA, 2011). Oázový koncept je založen na zachování biodiverzity tím, že oblasti vhodné pro zachování biologické rozmanitosti budou bez nadregionálních komunikací. Koncept je založen na minimálním počtu dopravních cest a odstranění těch, které již nejsou využívány.

Kapitola 5

Metodika

5.1. Míra fragmentace v ČR

Míra fragmentace krajiny je hodnocena pro plochu celé České republiky a není proto nutné podrobněji rozebírat fyzicko-geografickou charakteristiku, která je všeobecně známa. Jsou zde pouze naznačeny možné souvislosti s fragmentací krajiny. Reliéf České republiky vykazuje relativně vysokou vertikální členitost. Nachází se zde nížiny, plošně převažující pahorkatiny a vrchoviny i horská pásma. Proto se při tvorbě dopravní sítě využívá především rovinatých úseků údolí řek, případně se provádějí náročné a drahé terénní úpravy či razí tunely. Nelze si tedy naplánovat a rozmístit dopravní cesty do pravidelných sítí. Vznikají tak místa s velkým počtem kumulovaných bariér i rozsáhlá území, kde se vyskytují pouze okresní silnice. Fragmentaci však nezpůsobuje jen silniční síť, ale také síť železniční, neboť česká železniční síť je jedna z nejhustších v Evropě. Dalším činitelem způsobujícím tříštění krajiny jsou zastavěné plochy. Jedná se především o vznikající suburbia v okolí měst. Je tudíž potřeba získat představu o míře fragmentace krajiny dopravními stavbami a rozrůstající se zástavbou, aby se více nezmenšovala konektivita krajiny a aby se případně výsledky využily k jejímu obnovení. Ve výzkumu se tato práce zaměřuje především na fragmentaci silniční sítě a zastavěnými plochami.

5.1.1 Metody a zdroje dat

Na začátku práce je potřeba připravit databázi, která bude obsahovat vrstvu roztržštěných ploch (fragmentační geometrii: liniové plochy silnic a zastavěné plochy) a vrstvu správních jednotek, tj. území, za která se bude fragmentace hodnotit. Zastavěné plochy lze získat z databáze CORINE 2006 (Coordination of Information on the Environment), v ostatních případech postačí databáze ArcČR. Jako administrativní jednotky jsou zvoleny okresy, obce s rozšířenou působností (ORP) a obce. Dále se fragmentace hodnotí pro uměle vygenerované sítě (sčítací čtverce, hexagony o rozloze 6 km² a síť čtverců o rozloze 1 km²), které se využívají pro výpočet různých ekologických či biologických charakteristik. Hodnoty vypočtené fragmentace mohou následně sloužit k dalším biogeografickým výzkumům.

Po založení databáze a získání vstupních dat přijichází na řadu příprava fragmentační geometrie (dále FG). FG použitá v práci se skládá ze zastavěných ploch a obalové zóny kolem silniční sítě. Jelikož je hodnocena celá ČR, stačí pouze generalizované údaje o silniční síti (v databázi ZABAGED

je možné získat přesnější informace). Výsledná FG musí být reprezentována pouze vrstvou ploch, tudíž se silnice nejprve vyjádří pomocí obalové zóny (buffer 5 m), díky malému měřítku není potřeba kategorizovat jednotlivé druhy silnic. Plošná vrstva silnic se následně sloučí s rozlohou zástavby (výsledná FG). Průnik této vrstvy s plochou ČR zajistí podkladovou vrstvu pro výpočet míry fragmentace krajiny.

Hlavní část výzkumu je věnována výpočtu míry fragmentace krajiny. Fragmentace se počítá pomocí nástroje *Effective mesh size* (EMS, Jaeger 2000; Moser et al., 2007). EMS vypočítává pravděpodobnost setkání dvou objektů, které jsou náhodně umístěny ve vybraném regionu. Čím více se na cestě nachází překážek, tím menší je pravděpodobnost, že se oba objekty sejdou (Grivet et al., 2008). Jiná interpretace vyjadřuje schopnost dvou organismů umístěných náhodně v krajině navzájem se potkat (Grivet et al., 2008). Důležité je však vědět, že nejmenší výsledné hodnoty značí nejvíce fragmentovanou krajinu (Grivet et al., 2008). Problém nastává při výpočtu klasickou metodou (Jaeger, 2000) u hranic správních jednotek, kde se vytváří tzv. „hraniční problém“ (Moser et al., 2007, s. 448). Hranice vytváří umělou bariéru a tím vznikají i neexistující struktury v krajině (Moser et al., 2007). Proto navrhl Moser et al. (2007) novou metodu nazvanou „Cross-boundary connections“ (CBC), která bere v úvahu všechny body v okolí i napříč hranicemi správních jednotek. EMS novější metodou CBC počítá pomocí vzorce:

$$m_{eff}^{CBC} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^n A_i * A_i^{cmapl}$$

kde n je počet plošek, A_i^{cmapl} celková plocha jednotlivé plošky a A_{total} je celková plocha území.

V dalším kroku je využit tedy nástroj EMS pro výpočet fragmentace. Vkládají se dvě vstupní vrstvy: plocha ČR fragmentovaná silnicemi a zástavbou a vrstva administrativních jednotek či umělých sítí. Výstupem je totožná vrstva administrativních jednotek (umělých sítí) navýšena o dva sloupce v atributové tabulce (CUT a CBC) s vypočítanými hodnotami fragmentace. Hodnoty v nových sloupcích ukazují velikost celé krajiny mezi dvěma objekty, která zůstane nefragmentovaná a umožní tak jejich spojení (Moser et al., 2007). Výsledné hodnoty jsou rozděleny do šesti intervalů a znázorněny dvěma barvami, červeně pod 5 000 ha jako intenzivně fragmentovaná krajina a zeleně nad 5 000 ha jako krajina méně fragmentovaná. Z každé jednotlivé výstupní vrstvy je vytvořena mapa.

Míra fragmentace krajiny je v práci vypočítána pomocí nástroje EMS, metodami CUT a CBC (viz předchozí kapitola). Tyto dvě metody porovnával Grivet et al. (2008) na příkladu Kalifornie. Ze studie vyplývá jednoznačná výhoda metody CBC, která umožňuje příhraniční porovnání. Největším problémem u metody CUT je již zmiňovaná tvorba umělých nereálných bariér při hranici území. Tento problém demonstruje tabulka 6 vzniklá při výpočtu fragmentace pro vrstvu čtverců o rozloze 1 km², kde jeden čtverec není vůbec fragmentovaný, což ovšem v konečném výsledku (spojení více okolních čtverců dohromady) nemusí vždy znamenat, že se jedná o zcela nefragmentovanou krajinu.

Tabulka 6: Rozdíl mezi hodnotami vypočítanými metodou CUT a CBC

Plocha čtverce (ha)	Hodnoty vypočtené metodou CUT	Hodnoty vypočtené metodou CBC
100	100	3325
100	100	1535
100	100	8180

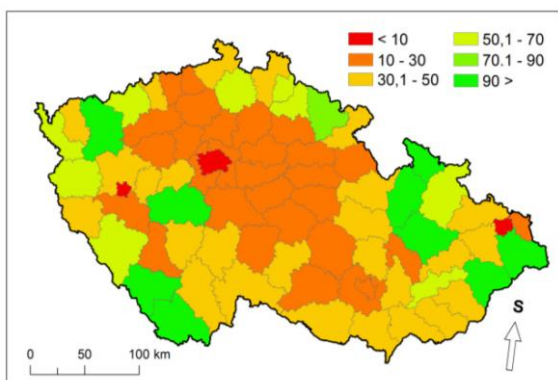
Kapitola 6

Výsledky a diskuze

6.1 Výsledky analýzy fragmentace krajiny ČR

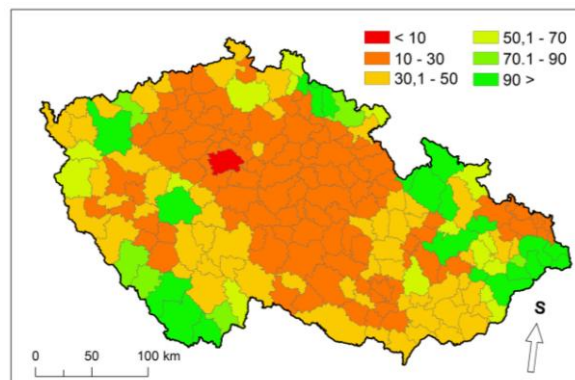
Tato podkapitola se věnuje prezentaci výsledků analýzy fragmentace krajiny České republiky. Pro hodnocení fragmentace krajiny jsou záměrně použity tři úrovně administrativních jednotek (okresy – obrázek 4; ORP – obrázek 5; obce – obrázek 6) a tři pravidelné uměle vytvořené sítě (sčítací čtverce – obrázek 7; hexagony – obrázek 8; čtverce 1 km² – obrázek 9). Získáním hodnot míry fragmentace krajiny pro jednotlivé administrativní jednotky se zajistí možnost porovnání s dalšími statistickými údaji, které se pro tyto jednotky získávají (hustota zalidnění, intenzita hospodářského využití území atd.). Pravidelné sítě (čtverce, hexagony) umožňují porovnání s biologickými údaji o krajině. Pomocí sčítacích čtverců se například hodnotí počet výskytů jednotlivých druhů organismů v území. Hexagonální tvar sítě se nejvíce podobá kruhu, který reprezentuje prostor potřebný pro pohyb některých živočichů. Nejpodrobnější údaje o fragmentaci se získávají z nejmenších jednotek (obce, čtverce 1 km²).

Obrázek 4: Velikost nefragmentované plochy podle okresů (ve 100 ha)

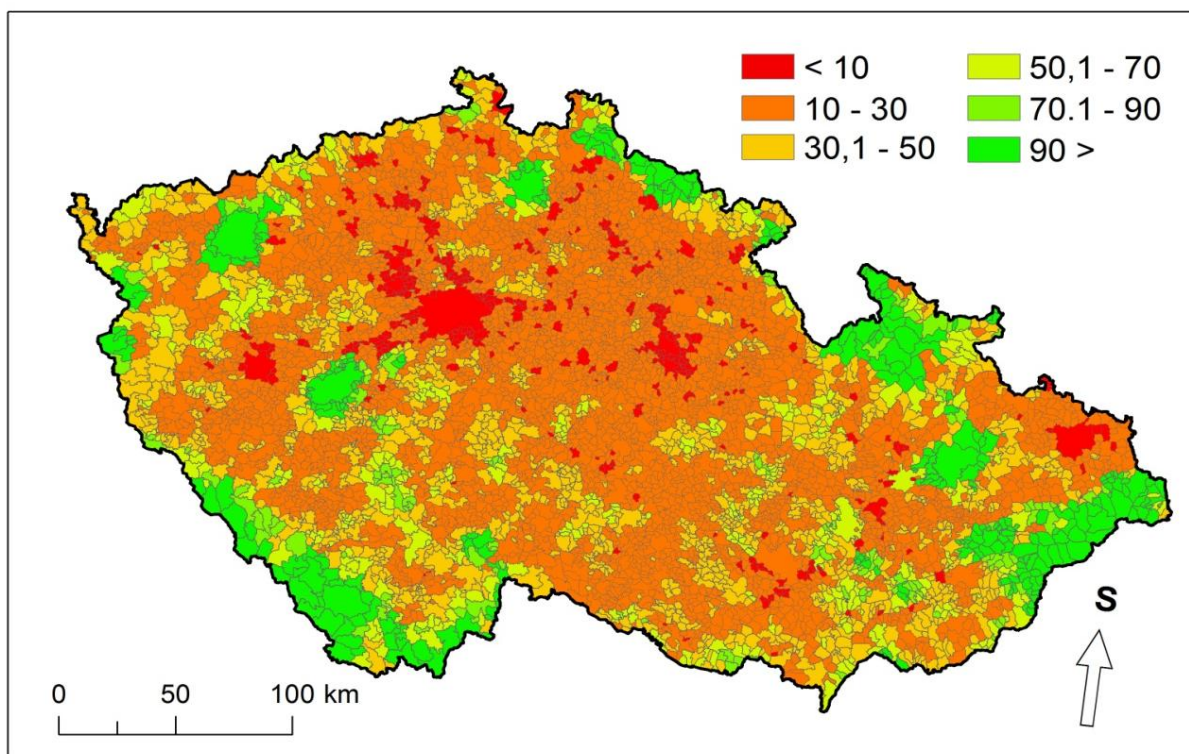


Poznámka: Kompletní mapu uvádím v příloze 1.
Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Obrázek 5: Velikost nefragmentované plochy podle ORP (ve 100 ha)

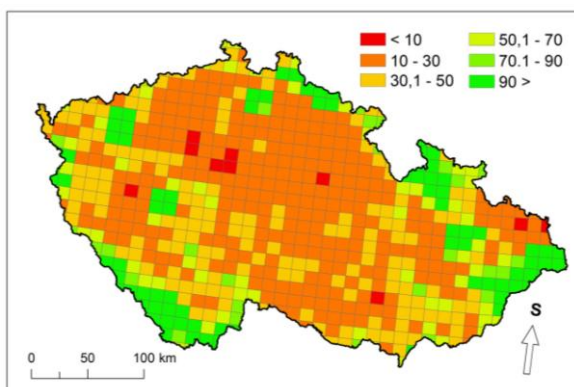


Poznámka: Kompletní mapu uvádím v příloze 2.
Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Obrázek 6: Velikost nefragmentované plochy podle obcí (ve 100 ha)

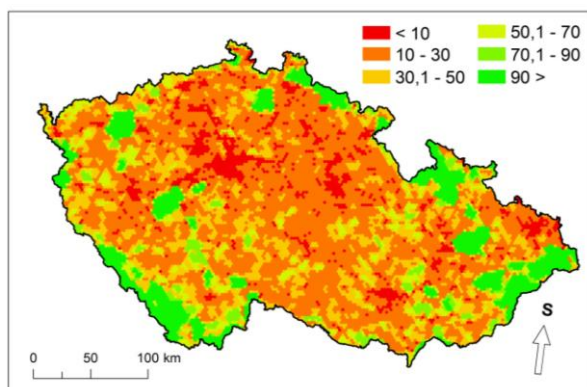
Poznámka: Kompletní mapu uvádím v příloze 3.

Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Obrázek 7: Velikost nefragmentované plochy podle sčítacích čtverců (ve 100 ha)

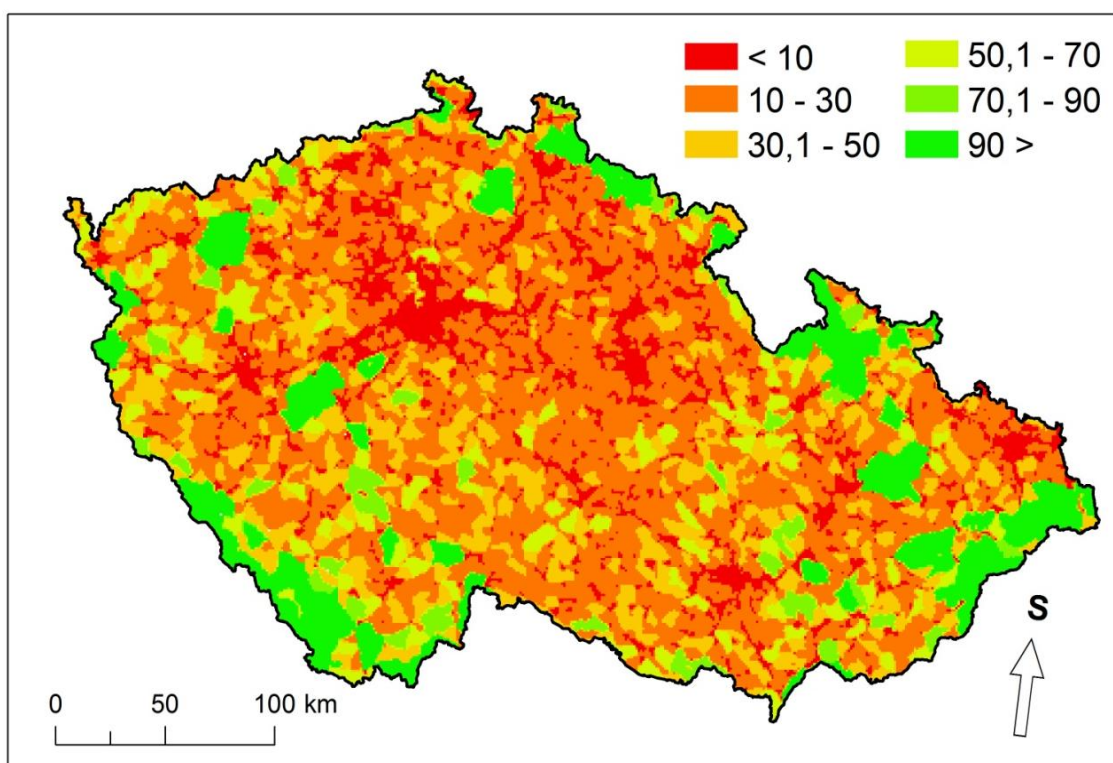
Poznámka: Kompletní mapu uvádím v příloze 4.

Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Obrázek 8: Velikost nefragmentované plochy podle sítě hexagonů 6 km² (ve 100 ha)

Poznámka: Kompletní mapu uvádím v příloze 5.

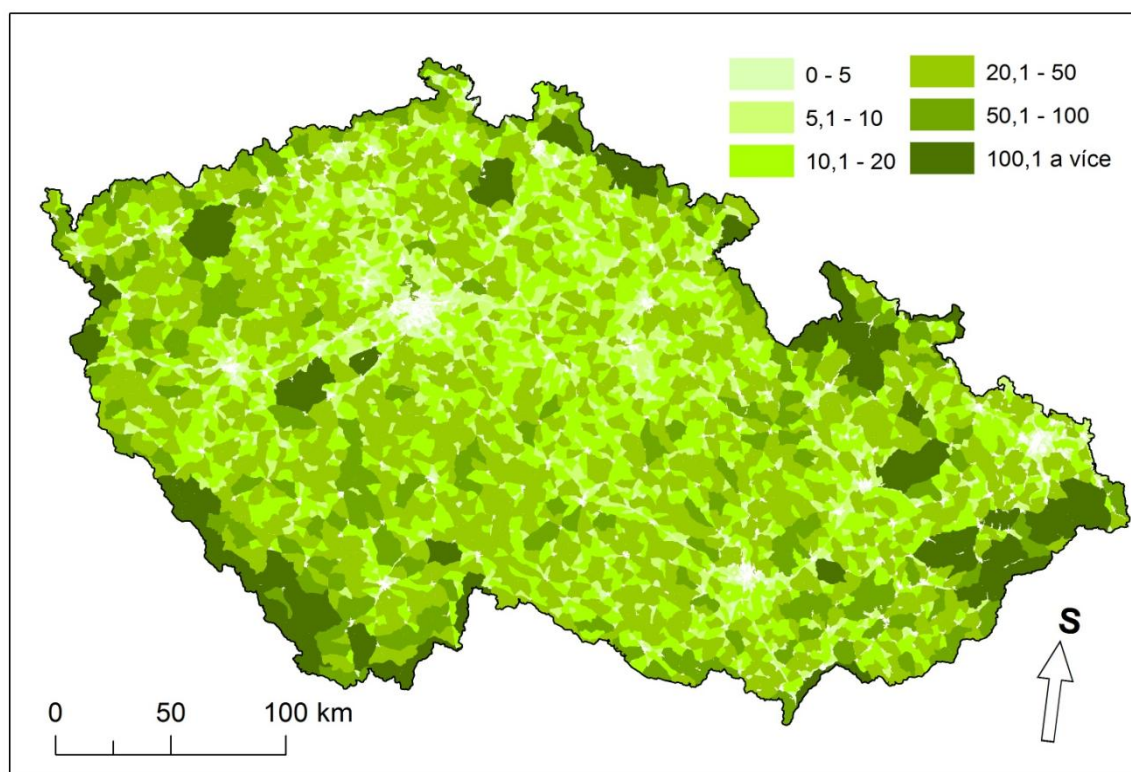
Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Obrázek 9: Velikost nefragmentované plochy podle sítě čtverců 1 km² (ve 100 ha)

Poznámka: Kompletní mapu uvádím v příloze 6.

Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Na obrázku 10 se nachází území ČR, rozdělené podle velikosti nefragmentovaných ploch. Na první pohled je vidět velké nefragmentované plochy příhraničních hor (Šumava, Moravskoslezské Beskydy atd.) a vojenských újezdů (např. Jince v Brdech, Stráž pod Ralskem, Libavá u Olomouce atd.). Poloha dálnic a větších měst zřetelně vystupuje díky rozdělení okolní krajiny na malé plošky. Obecně lze říci, že nejvíce fragmentovaná krajina se nachází kromě větších měst (Praha, Brno, Ostrava) i severně od Prahy, či ve východních Čechách v blízkosti Pardubic a Hradce Králové. Nejméně fragmentované jsou jižní Čechy a severní Morava. Z obrázku 3 je též patrná jihovýchodní hranice Krušných hor a tudíž poloha Podkrušnohorské pánve s poměrně hustou sídelní strukturou, kterou přerušuje oblast Doupovských hor (vojenský újezd Hradiště). Za zmínku stojí i větší nefragmentovaná oblast Brd jihozápadně od Prahy mezi rychlostní silnicí na Příbram a podbrdskými vesnicemi, kde se díky vyšší nadmořské výšce zachoval souvislý lesní porost.

Obrázek 10: Velikost jednotlivých nefragmentovaných ploch v ČR (km²)

Poznámka: bílá plocha reprezentuje zastavěné plochy a buffer kolem silnic (viz kapitola 5). Kompletní mapu uvádím v příloze 7.

Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Česká republika je téměř z poloviny značně fragmentovaná. Nejvíce fragmentovaná území se nacházejí na území velikých měst (Praha, Plzeň, Ostrava). Za zmínku stojí město Brno. I když je druhým největším městem v ČR, má míru fragmentace nižší než města menší, především díky snahám o projektování ÚSES na území města (Havlíček et al., 2009). Vysokou míru fragmentace mají i přilehlé oblasti těchto měst. Jedná se o vysoce suburbanizovaná území s vysokou hustotou osídlení a silniční sítě. Další místa s vysokou mírou fragmentace se nacházejí podél hlavních dopravních koridorů. Trasy těchto koridorů se dají lehce rozpoznat na obrázku 9, protože ovlivňují krajinu především akumulací dalších bariér (výhodné spojení a vhodná lokalita pro stavbu skladů či rozrůstání obcí v jejich okolí).

Nejméně fragmentované oblasti se nacházejí ve vyšších pohořích a na území vojenských újezdů. Oblasti Krkonoš, Šumavy, Hrubého Jeseníku a Moravskoslezských Beskyd odolávají fragmentaci díky menšímu potenciálu ve využití krajiny (řídce osídlení, téměř bez průmyslu) i relativně velkým územím, která jsou zařazena do některé z kategorií ochrany přírody a krajiny (národní parky, chráněné krajinné oblasti). Například další naše pohoří, Krušné hory, už je fragmentováno více kvůli dřívější těžbě nerostných surovin, která s sebou přinesla i rozvoj osídlení. Nemalý podíl na fragmentaci tohoto území má i fakt, že díky znehodnocení tamní vegetace zde nemohlo být vyhlášeno velkoplošné chráněné území. Druhou skupinou s malou mírou fragmentace krajiny jsou vojenské újezdy. Vojenské újezdy zaujímají velkou celistvou část krajiny, kterou jako celek využívá stát. Stále aktivní vojenské prostory nelze zapojit do ekologických sítí, avšak vojensky nevyužívané oblasti (např. Jince v Brdech)

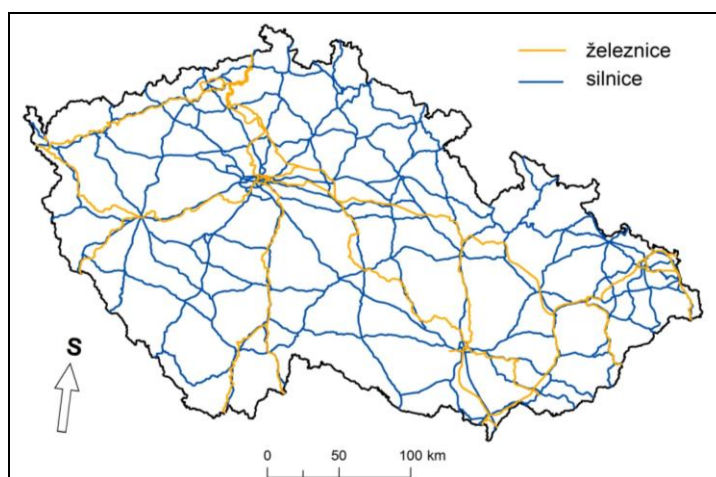
by dle mého názoru měly sloužit k podpoře a rozvoji ekologických sítí a napomáhat tak k prostupnosti krajiny.

Obecně je severní polovina Čech fragmentovanější než jižní. V severní části Čech se nachází velké oblasti s rozvinutým průmyslem (Podkrušnohorská pánev), či oblasti s hustou sídelní strukturou (Kladensko), kterou doplňuje početnější silniční síť. Na jihu ovlivňují míru fragmentace místa s méně hustou silniční sítí (údolí Vltavy), obecně vyšší nadmořskou výškou a menší koncentrací sídel. Nejvíce fragmentované jsou také nížiny a rovinné oblasti, které usnadňují rozrůstání sídel a stavbu silnic.

Nejdetailnější hodnocení fragmentace krajiny prezentuje síť čtverců o rozloze 1 km² (obrázek 9, síť byla využita i v celoevropském hodnocení, viz kapitola 2.3.2), ve které se odráží jak fyzicko-geografické podmínky území, tak i území s vysokou koncentrací lidských sídel. Tam, kde se nachází nízká fragmentace krajiny, působí nepříznivé podmínky pro rozvoj sídel a dopravy. Fragmentaci odolávají okrajová pohoří a zákonem vymezené území vojenských újezdů. Jako celistvější území působí okolí řeky Vltavy, avšak regulace toku (především velká hloubka a rekreace) také působí jako bariéra.

Jen stěží lze nalézt na území ČR nějaký čistě přírodní migrační koridor spojující Šumavu a Krkonoše či Čechy a Moravu. Samozřejmě v dnešní době nemůžeme zajistit nadregionální biokoridor, který se bude skládat pouze z přírodních složek. K analýze fragmentace jsou využity i silnice nižších tříd, které nejsou tak frekventované a tudíž tolik neovlivňují pohyb větších savců (jelen, rys atd.). Avšak i když se vynechají okresní silnice, migrující živočichové stále překonávají silnice s vysokou intenzitou dopravy (obrázek 11). Bohužel jsou tyto silnice často kvůli bezpečnosti (ploty po celé délce) průchodné pouze za pomoci technických opatření (viz podkapitola 4.2.2.1). Podrobnější údaje o fragmentaci krajiny se získají rozšířením fragmentační geometrie o železnice (obrázek 11) a větší vodní toky upravené pro lodní dopravu (dolní a střední tok Labe), nebo o výstavbu vodních děl (Vltavská kaskáda).

Obrázek 11: Hlavní dopravní koridory na území ČR



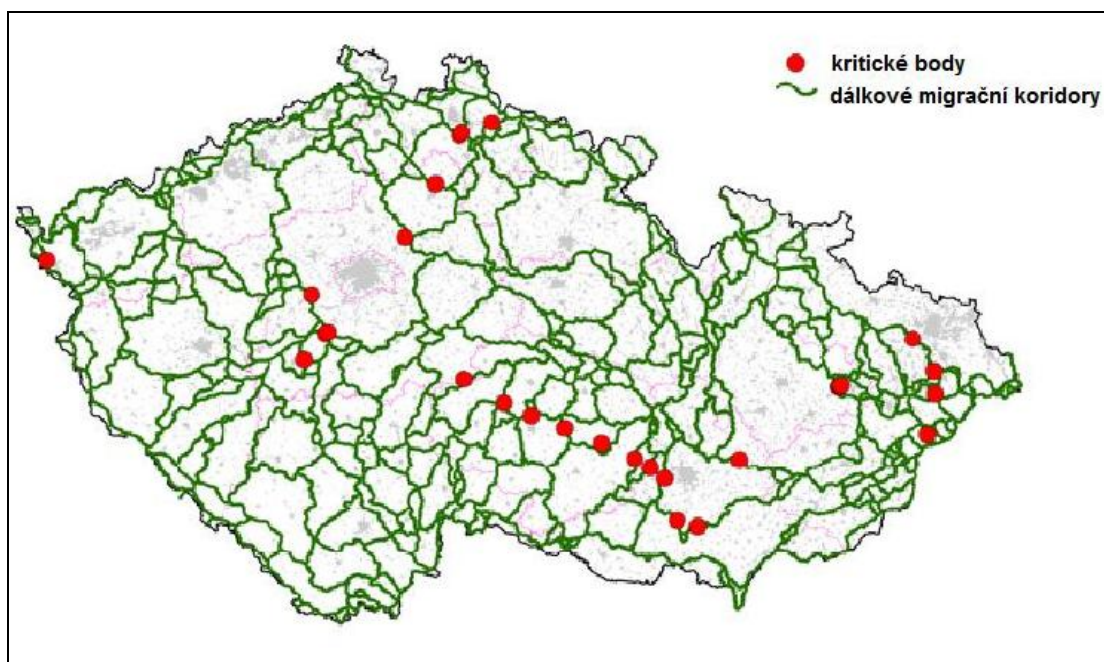
Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

6.2 Využití ekologických sítí k ochraně prostupnosti krajiny

Jedním z důvodů, proč hodnotit fragmentaci krajiny, je ten, že výsledky se následně využijí k ochranným opatřením konektivity krajiny. Prostupnost krajiny se obecně snižuje s přibývajícím vlivem člověka na krajinu. Proto by se člověk měl více zajímat o ty zbylé části krajiny, které se ještě nazývají přírodními. Krajinu ČR ve srovnání například se západní Evropou lze stále ještě ochránit před fragmentací. I když se fragmentaci zcela nezabrání, může (musí) se udržet konektivita krajiny právě využitím ekologických sítí.

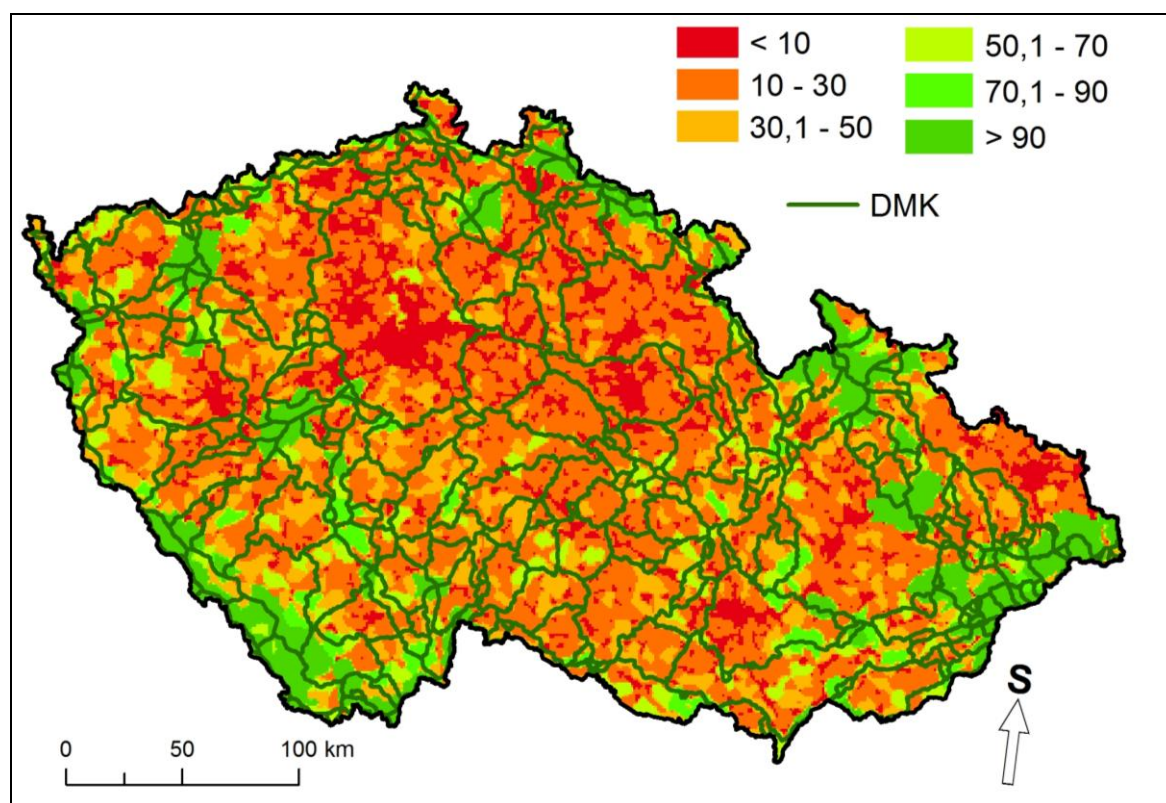
Využitím ekologických sítí k ochraně prostupnosti krajiny pro velké savce se zabýval Anděl et al. (in Anděl, Mináriková, Andreas 2010a), který navrhl na území ČR dálkové migrační koridory (DMK). Na obrázku 12 je mapa DMK s vymezenými kritickými místy, která jsou neprůchodná, ale řešitelná pomocí reálných opatření (Anděl et al. in Anděl, Mináriková, Andreas 2010a). Zřetelně vystupuje problém překonání dálnic. Především dálnice D1 neposkytuje téměř žádnou možnost překonání a zajištění prostupnosti ve všech kritických bodech není podle mého názoru ekonomicky možné.

Obrázek 12: Kritická místa vymezená na DMK

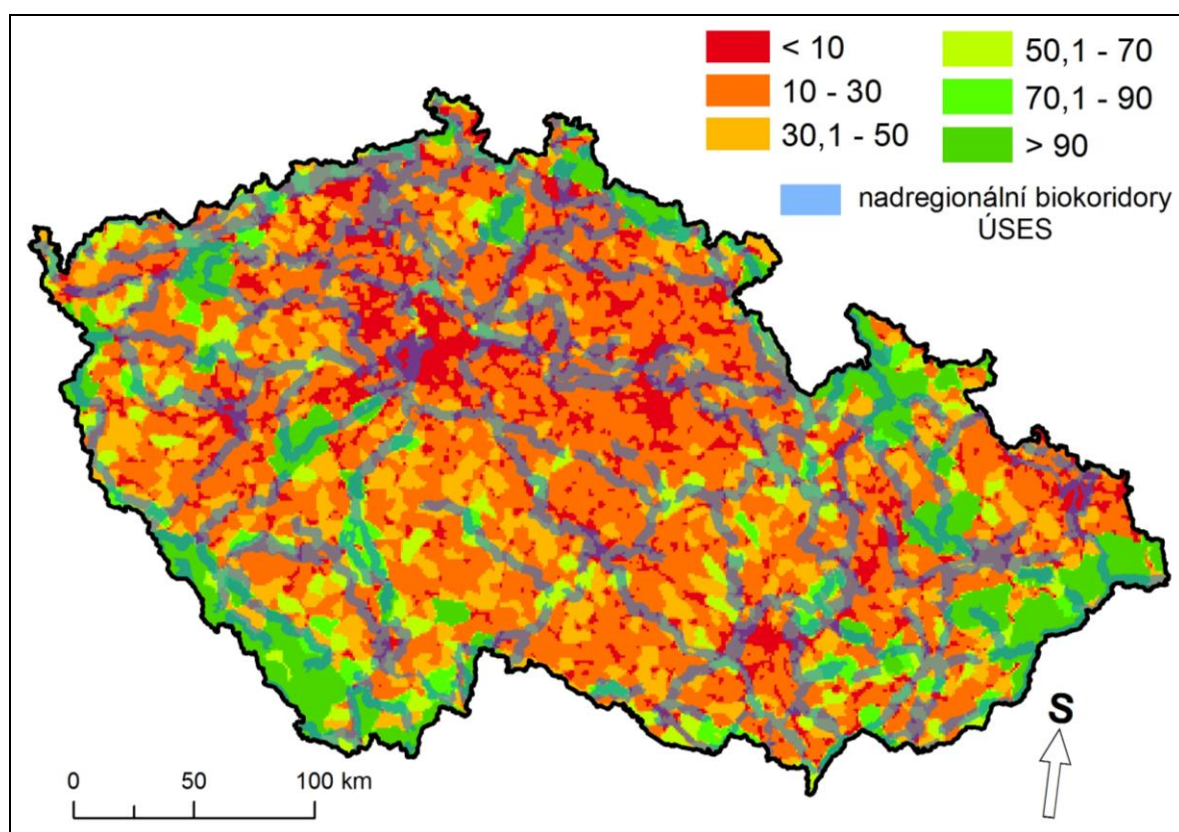


Zdroj: Anděl et al., 2010

Porovnání fragmentované krajiny s DMK (obrázek 13) a s nadregionálními biokoridory ÚSES (obrázek 14) poukazuje na snahu propojit krajinu i přes vyšší míru fragmentace (např. oblast jižní Moravy, nebo východní Čechy). Celková délka DMK činí téměř 250 tisíc kilometrů, z toho 48 % je vedeno v nejvíce fragmentované krajině (pod 3 000 ha volné plochy). Podobně jsou na tom i regionální a nadregionální koridory ÚSES (oba přes 50 %), jejichž celková společná rozloha činí 1/3 rozlohy ČR. Samozřejmě i přes snahu obnovit konektivitu krajiny se na území ČR vykytují plošně rozsáhlé oblasti potřebující ochranu na té nejnižší, lokální úrovni.

Obrázek 13: Porovnání fragmentace krajiny s DMK

Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

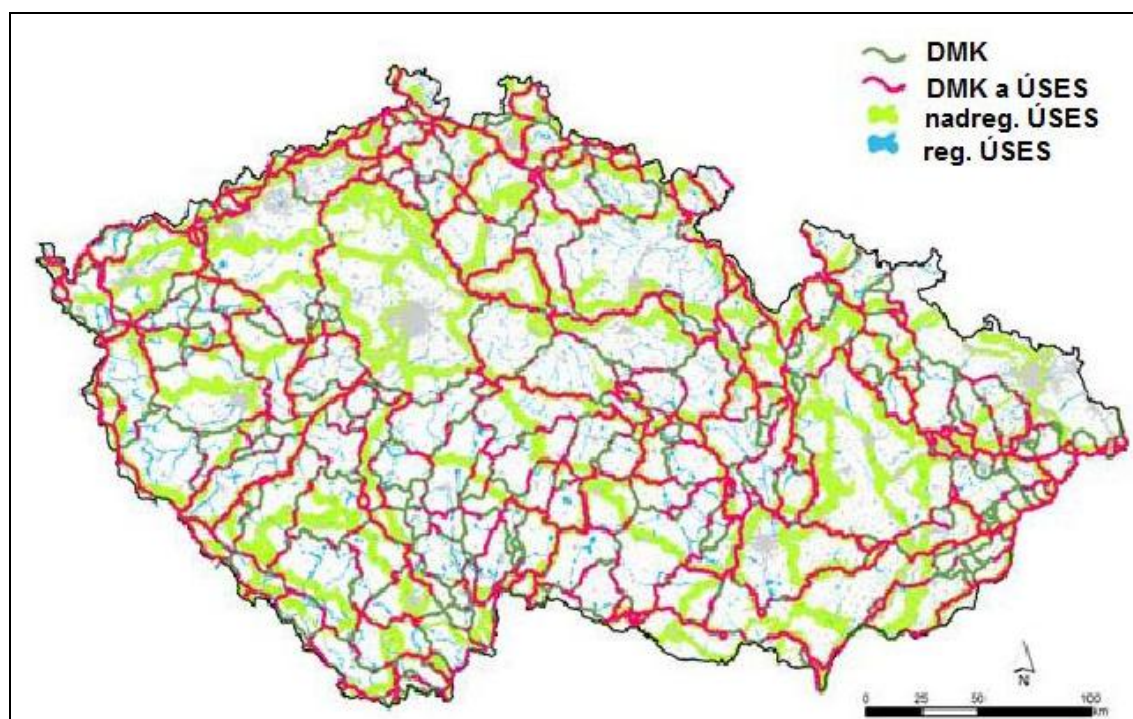
Obrázek 14: Porovnání fragmentace krajiny s nadregionálními biokoridory ÚSES

Zdroj: ArcČR, vlastní zpracování

Větší savci potřebují především celistvý lesnatý koridor (což splňují DMK), a proto se musí síť migračních koridorů doplnit o biokoridory z ÚSES, protože tato síť se vymezuje i mimo lesnatá území v hospodářské krajině. Skládá se nejen z lesních koridorů, ale i z liniové vegetace (stromořadí, břehová vegetace). Hlavní rozdíl mezi DMK a biokoridory ÚSES je ten, že koridory územního systému mohou být přerušované. Pokud se spojí obě sítě do jedné mapy (obrázek 15), vytvoří se v ČR poměrně hustá ekologická síť.

Velká část ekologických sítí ČR je již zařazena do některé ze stávajících kategorií územní ochrany přírody a krajiny, neboť často prochází oblastmi zvláště chráněných území (národní parky, CHKO atd.), nebo soustavou Natura 2000 (Romportl et al., 2009). Obě kategorie ochrany přírody se vymezují na ekologicky stabilním území a často bývají základem pro biocentra ÚSES, která se následně propojují sítí biokoridorů.

Obrázek 15: DMK a nadregionální a regionální prvky ÚSES



Zdroj: Anděl et al., 2010

Kapitola 7

Závěr

Území ČR nejvíce fragmentuje dopravní infrastruktura, především silniční síť, stále rostoucí zastavěné plochy, oplocené areály a vodní plochy. Nejvíce fragmentované oblasti nalezneme v okolí velikých měst (Praha, Plzeň, Brno, Ostrava atd.), hustě osídlených oblastí (okolí Pardubic a Hradce Králové, severozápadní Čechy atd.) a podél větších silničních koridorů (dálnice, silnice první třídy). V ČR se však nachází i relativně málo fragmentované krajiny, především v pohraničních horách a vojenských újezdech. Přitom fragmentace krajiny České republiky je ve srovnání se západní Evropou stále malá a naskýtá se tak možnost poučit se z chyb a začít řešit problematiku konektivity krajiny co nejdříve. Studie EEA (2011) uvádí důležitou myšlenku: *„Rychlé tempo silničního rozvoje zdaleka přesahuje nárůst pochopení jeho vlivu na životní prostředí a biologickou rozmanitost.“* Proto by se měl při zakládání nové dopravní sítě hodnotit i případný vliv fragmentace na krajinu, která, pokud jsou předem stanoveny parametry dopravního koridoru, se může určit ještě před realizací stavby a následně řešit i za cenu technických opatření (např. ekodukty). Dále se mohou využít modely predikce, například sledování demografických a ekonomických ukazatelů (hustota zalidnění, hrubý domácí produkt atd.) a jejich případný nárůst, který následně vede v budoucnosti ke zvýšení fragmentace krajiny (EEA, 2011). Přidáním energetické infrastruktury (elektrické vedení, ropovody, teplovody atd.) se hodnotí fragmentace i z estetického pohledu na kvalitu krajiny.

Nadregionální ekologické sítě jsou na území ČR poměrně husté a vedené maximální možnou měrou skrz již zvláště chráněná území. V krajině se nachází jen málo biocenter, která by ležela mimo chráněná území. Vhodným doplněním nově navržených biocenter a biokoridorů by vznikla silná ekologická síť, která by navazovala na síť sousedních států. V ČR je navržena síť nadregionálních biokoridorů ÚSES. Důležitější jsou však regionální a především lokální biokoridory a biocentra, které tvoří základ pro ochranu konektivity krajiny. Zde se ovšem setkáváme s velmi špatnou realizací. Lokální prvky ÚSES jsou sice na území některých katastrů vytvářeny, ale většinou nenavazují na hraniční koridory sousedních území a často jsou řešeny jinou metodikou za použití odlišné legendy. Z toho jasně vyplývá potřeba jednotného přístupu k řešení územních systémů ekologické stability, jak například navrhuje Havlíček et al. (2009) na území Brna, kde založili organizaci pověřenou správou ÚSES.

Jednoduchou, ale zásadní myšlenku ohledně řešení ekologických sítí zmiňuje Kender (2000): *„Dobré zpracování plánů péče a plánů systémů ekologické stability krajiny je základním*

předpokladem účinné ochrany přírodního a krajinného prostředí.“ Problémy fragmentace a konektivity krajiny se musí řešit individuálně nejen z hlediska geografické polohy, ale i z hlediska jednotlivých druhů organismů, kterých se problém týká. Velmi důležitá je zpětná vazba zjištěná pomocí monitoringu pohybu živočichů. Otázkou zůstává, do jaké míry se v budoucnu podaří omezit fragmentaci krajiny, obnovit její konektivitu a tím opět vytvořit relativně přírodní krajinu obyvatelnou nejen pro člověka, ale i pro živočichy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ANDĚL, P. et al. 2005. Metodické doporučení k posuzování fragmentace krajiny dopravními liniovými stavbami. ČR : MŽP, 2005, 18 s.
- ANDĚL, P.; ANDREAS, M.; BLÁHOVÁ, A.; BOROVEC, R.; GORČICOVÁ, I.; HLAVÁČ, V.; HORÁČEK, O.; CHRUDINA, Z.; KORÁBEK, D.; MACKOVÁ, M.; MINÁRIKOVÁ, T.; PETRŽÍLKA, L.; ROMPORTL, D.; STRNAD, M. 2010a. Dálkové migrační koridory. In ANDĚL, P.; MINÁRIKOVÁ, T.; ANDREAS, M. (ed.). *Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce*. Liberec : Evernia, 2010, s. 105–118. ISBN 978-80-903787-5-9.
- ANDĚL, P.; GORČICOVÁ, I.; HLAVÁČ, V.; PETRŽÍLKA, L. 2010b. Migračně významná území. In ANDĚL, P.; MINÁRIKOVÁ, T.; ANDREAS, M. (ed.). *Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce*. Liberec : Evernia, 2010, s. 93–104. ISBN 978-80-903787-5-9.
- ANDĚL, P.; MINÁRIKOVÁ, T.; ANDREAS, M. (ed.). 2010. *Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce*. Liberec : Evernia, 2010, 137 s.
- ARCDATA PRAHA. *ArcČR 500: Digitální geografická databáze*. 1 : 500 000. Praha : Arcdata Praha, 2003.
- BÍNOVÁ, L. 1997. Plošná bilance nadregionálního, regionálního a lokálního územního systému ekologické stability České republiky. *Ochrana přírody*. 1997, roč. 52, č. 4, s. 106–107.
- BISSONETTE, J. A. 2005. Taking the road less traveled: The importance of scaling indirect road effects allometrically. *United States Geological Survey Utah Cooperative Fish and Wildlife Research Unit*. 2005. College of Natural Resources, Utah State University, Logan.
- BUČEK, A. 2009. Východiska a současný stav tvorby územních systémů ekologické stability v České republice. In Petrová, A. (ed.) *ÚSES: Zelená páteř krajiny*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, s.r.o., 2009. ISBN 978-80-87154-69-4.
- BUČEK, A.; LACINA, J. 1993. *Územní systém ekologické stability*. Veronica Brno, 1993, 48 s.
- BUČEK, A.; MADĚRA, P.; ÚRADNÍČEK, L. 2007. Ecological network creation in the Czech Republic. *Ekologie krajiny: Journal of landscape ecology*. Brno : Lesnická práce, 2007, č. 0, s. 12–24. ISBN 978-80-86386-97-3.
- Corine Land Cover 2006 raster data. *European Environment Agency* [online]. 2006 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>

- ČESKÁ REPUBLIKA. 2010. Zákon o ochraně přírody a krajiny. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2010, roč. 2010, č. 18.
- DUFEK, J.; ADAMEC, V.; JEDLIČKA, J. 2004. Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou: ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 341. In: *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 12.10.2004 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/fragmentace-lokalit-dopravni-infrastrukturou-ekologicke-efekty-a-mozna-reseni-v-projektu-cost-341/>
- EUROPEAN COMMISSION. 2002. *COST 341: Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure*. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2002, 253 s.
- EUROPEAN COMMISSION. 2009. *Natura 2000*. Evropská unie.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2011. *Landscape fragmentation in Europe: Joint EEA- FOEN Report*. Copenhagen : Schultz Grafisk, 2011, roč. 2011, č. 2. ISSN 1725- 9177.
- FINDLAY, C. S.; BOURDAGES, J. 2000. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands, *Conservation Biology* č. 14, s. 86–94.
- FORMAN, R. T.; GODRON, M. 1993. *Krajinná ekologie*. Praha : Academia, 1993, 583 s.
- GAWLAK, Ch. 2001. Unzerschnittene verkehrsarme Räume in Deutschland 1999. *Natur und Landschaft*, 2001, roč. 76, č. 11, s. 481–484.
- GIRVETZ, E. H.; THORNE, J. H.; BERRY, A. M.; JAEGER, J. A. G. 2008. Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: A statewide multi-scale case study from California, USA. *Landscape and Urban Planning*. 2008, roč. 86, 3-4, s. 205-218. ISSN 01692046. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204608000352>
- HAVLÍČEK, T.; GLOS, J.; ŘIHÁČEK, V.; KOCIÁN, J. 2009. Návrh zajištění správy ÚSES na území statutárního města Brna. In Petrová, A., (ed.) *ÚSES: Zelená páteř krajiny*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2009. ISBN 978-80-87154-69-4.
- HLAVÁČ, V.; ANDĚL, P. 2001. *Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy*. Praha : AOPK ČR, 2001, 51 s.
- HOBBS, R. J. 1993. Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt. *Biological Conservation*. 2005, roč. 64, č. 3, s. 193–201.
- JAEGER, J. A. G. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*. 2000, č. 15, s. 115-130.
- JAEGER, J. A. G. 2002. Landscape fragmentation: A transdisciplinary study according to the concept of environmental. Stuttgart : VerlagEugen Ulmer, 2002
- JAEGER, J. A. G. 2008. *Using measures of landscape fragmentation for cumulative effects assessment* [power-point presentation]. Calgary, 2008 [cit. 9. 3. 2012].
- JAEGER, J. A. G.; BOWMAN, J.; BRENNAN, J.; FAHRIG, L.; BERT, D.; BOUCHARD, J.; CHARBONNEAU, N.; FRANK, K.; GRUBER, B.; VON TOSCHANOWITZ, K. T. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*. 2005, roč. 185, 2-4, s. 329–348. ISSN 03043800. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380005000050>

- JAEGER, J. A.G.; BERTILLER, R.; SCHWICK, CH.; MÜLLER, K.; STEINMEIER, CH.; EWALD, K. C.; GHAZOUL, J. 2008. Implementing Landscape Fragmentation as an Indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (Monet). *Journal of Environmental Management*. 2008, roč. 88, č. 4, s. 737-751. ISSN 03014797. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.03.043. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479707001387>
- JONGMAN, R. H. G.; KÜLVIK, M.; KRISTIANSEN, I. 2004. European ecological networks and greenways. *Landscape and Urban Planning*. 2004, roč. 68, 2-3, s. 305–319. ISSN 01692046. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204603001634>
- KENDER, J. (ed.) 2000. *Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2000, 220 s. ISBN 80-721-2148-0.
- KOPECKÁ, V.; MÍCHAL, I. 1995. Evropská ekologická síť: vize a realita. *Veronica:ekologický institut*. 1995, č. 4.
- Li, H.B.; Wu, J.G. 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, 2004, č.19, s. 389–399.
- LIPSKÝ, Z. 1998. *Krajinná ekologie: pro studenty geografických oborů*. 1. vyd. Praha : Karolinum, 1998, 129 s. ISBN 80-718-4545-0.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 2001, 203 s. ISBN 06-910-8836-5.
- MIKÁTOVÁ, B.; VLAŠÍN, M. 2002. *Obojživelníci a doprava*. Brno : ČSOP Veronica, 2002, 137 s.
- MOSER, B.; JAEGER, J. A. G.; TAPPEINER, U.; TASSER, E. 2007. Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology*. 2007-2-22, roč. 22, č. 3. ISSN 0921-2973. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10980-006-9023-0>
- MÜLLER, S. AND BERTHOUD, G. 1997. *Fauna/traffic safety - Manual for civil engineers*. Lausanne : EPFL. 1997, 119 s.
- NIJKAMP, P.; GOEDE, E. 2002. Urban development in the Netherlands: New perspectives. In Geyer, H. S. (ed.) *International handbook of urban systems: studies of urbanization and migration in advanced and developing countries*. Cheltenham : Edward Elgar, 2007, s. 185–213.
- RICO, A.; KINDLMANN, P.; SEDLÁČEK, F. 2007. Barrier effects of roads on movements of small mammals. *Folia Zoologica*. 2007, roč. 56, č. 1, s. 1–12.
- RICHARDSON, J.H.; SHORE, R.F.; TREWEEK, J.R.; LARKIN, S.B.C. 1997. Are major roads barriers to small mammals? *Journal of Zoology*. London, 1997, s. 1–13.
- ROMPORTL, D.; ANDĚL, P.; ANDREAS, M.; GORČICOVÁ, I.; HLAVÁČ, V.; MINÁRIKOVÁ, T.; STRNAD, M.; ZIEGLEROVÁ, A. 2009. Metodika mapování migračních koridorů pro velké savce. In Petrová, A., (ed.) *ÚSES: Zelená páteř krajiny*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, s.r.o., 2009. ISBN 978-80-87154-69-4.
- SELVA, N.; KREFT, S.; KATI, V.; SCHLUCK, M.; JONSSON, B. G.; MIHOK, B.; OKARMA, H.; IBISCH, P. L. 2011. Roadless and Low-Traffic Areas as Conservation Targets in Europe. *Environmental Management*. 2011, roč. 48, č. 5, s. 865-877. ISSN 0364-152x. DOI:

10.1007/s00267-011-9751-z. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00267-011-9751-z>

TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. 1993. *Connectivity is a vital element of landscape structure*. Oikos, 1993, 68, s. 571–573.

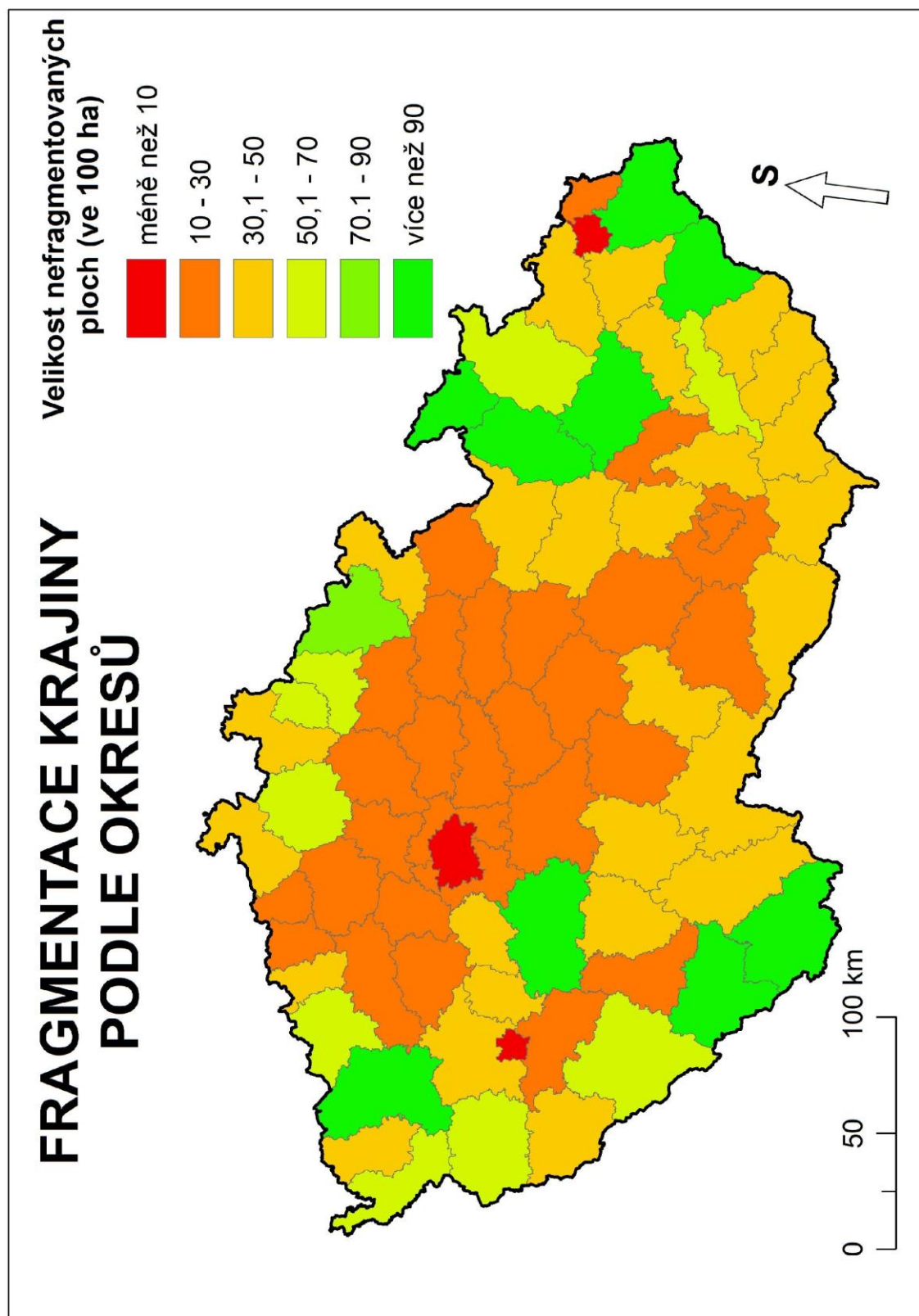
The Pan European Ecological Network. *EECONET ACTION FUND* [online]. 2009 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.eeconet.org/eaf/network/index.html>

TILLMANN J. E. 2005. Habitat Fragmentation and Ecological Networks in Europe. *GAIA: Ecological Perspectives for Science and Society* [online]. 2005, roč. 14, č. 2, s. 119–123, 1. 6. 2005 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.ingentaconnect.com/content/oekom/gaia/2005/00000014/00000002/art00011>

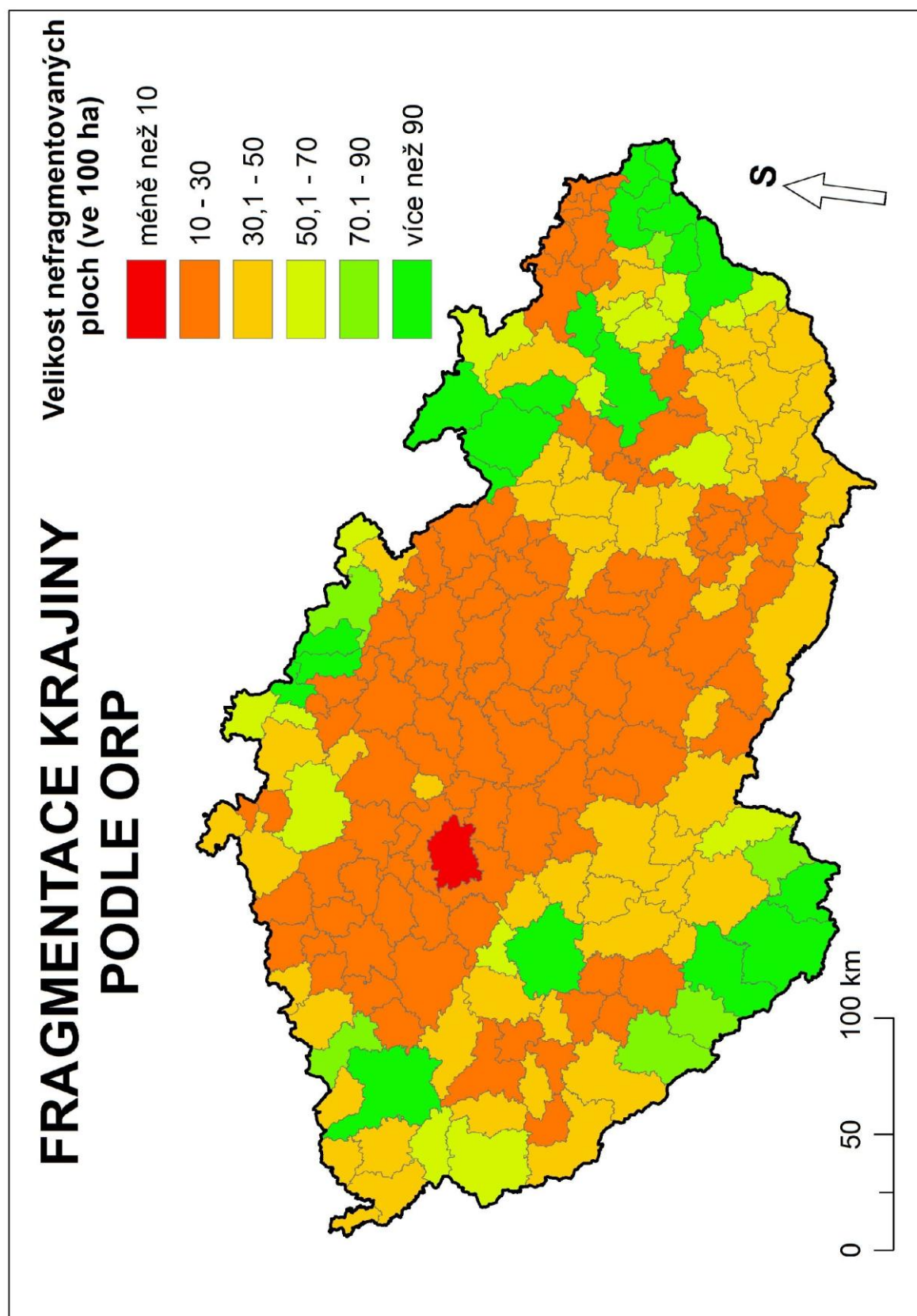
WOESS, M.; GRILLMAYER, E.; F. H. VOELK. 2002. Green bridges and Wildlife Corridors in Austria. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*. 2002, Wien : Supplement, s. 25–32.

Přílohy

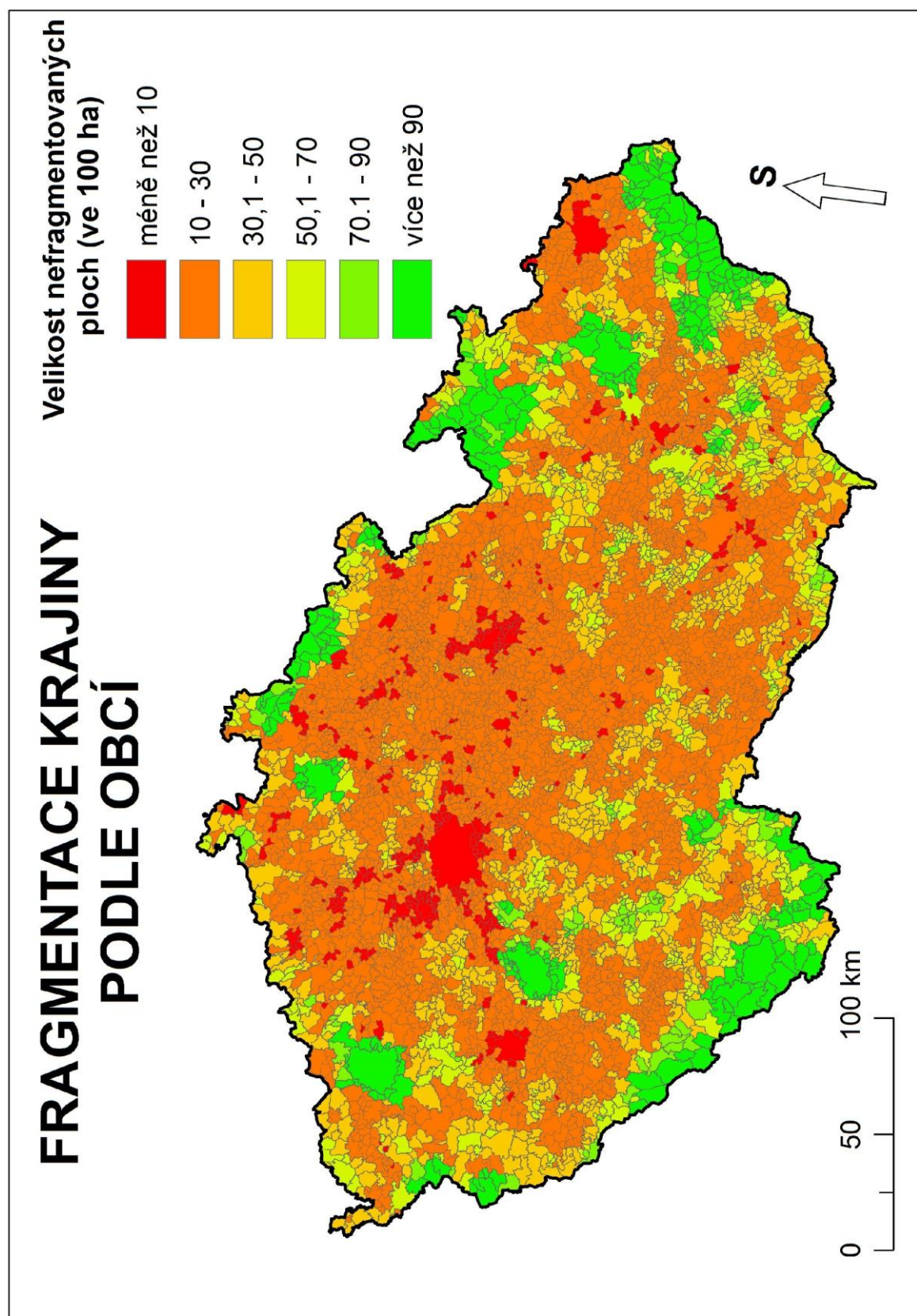
Příloha 1



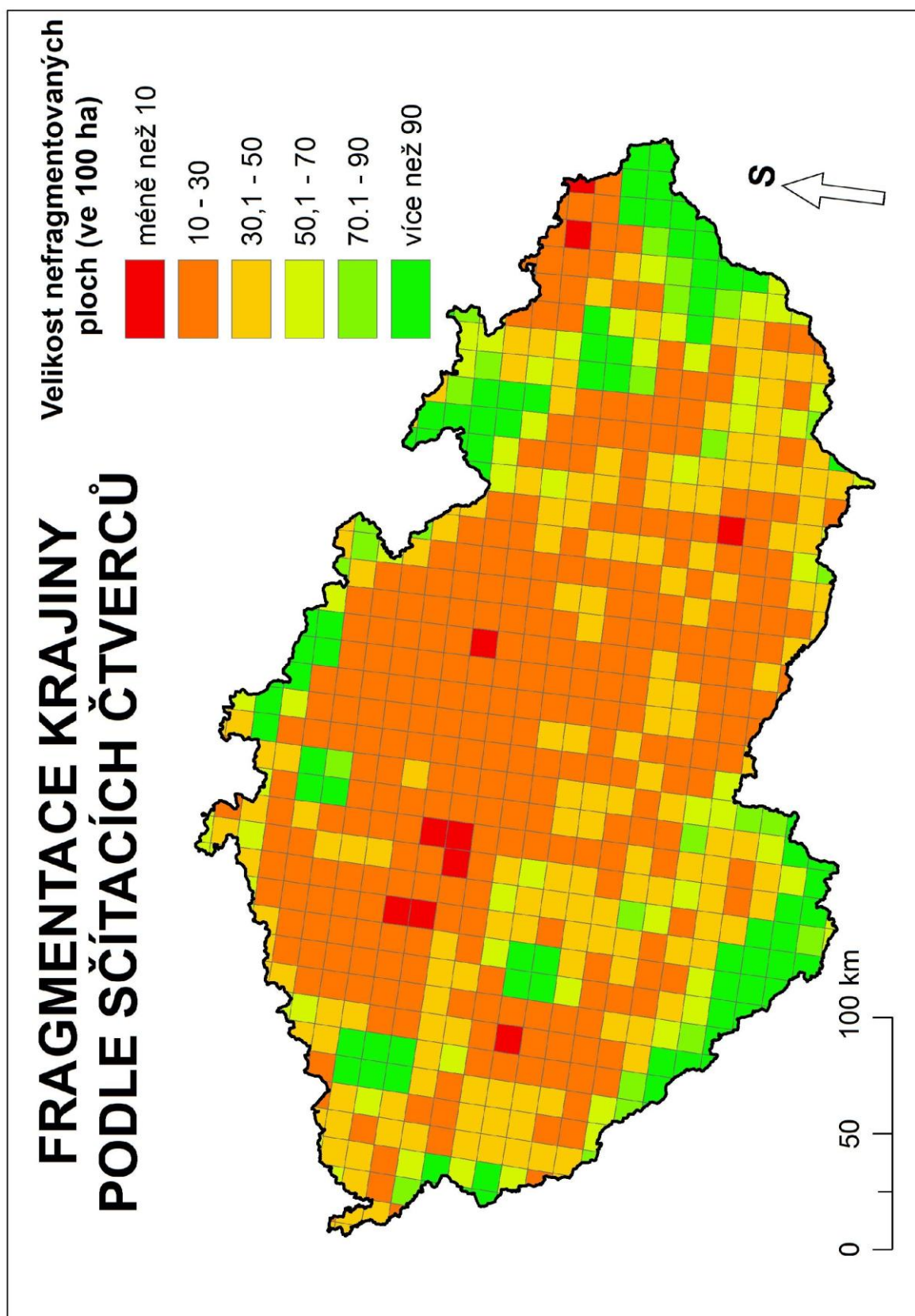
Příloha 2



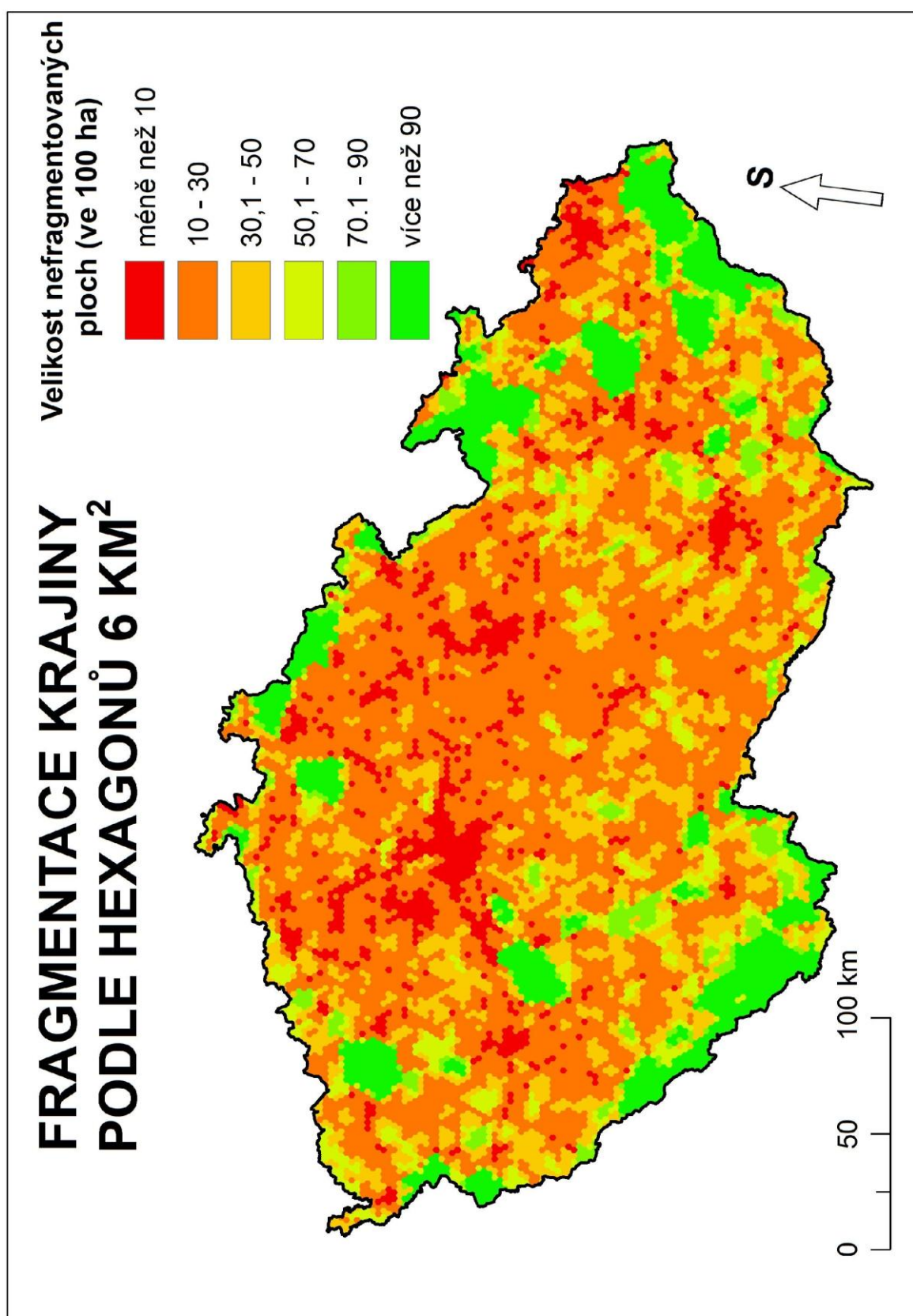
Příloha 3



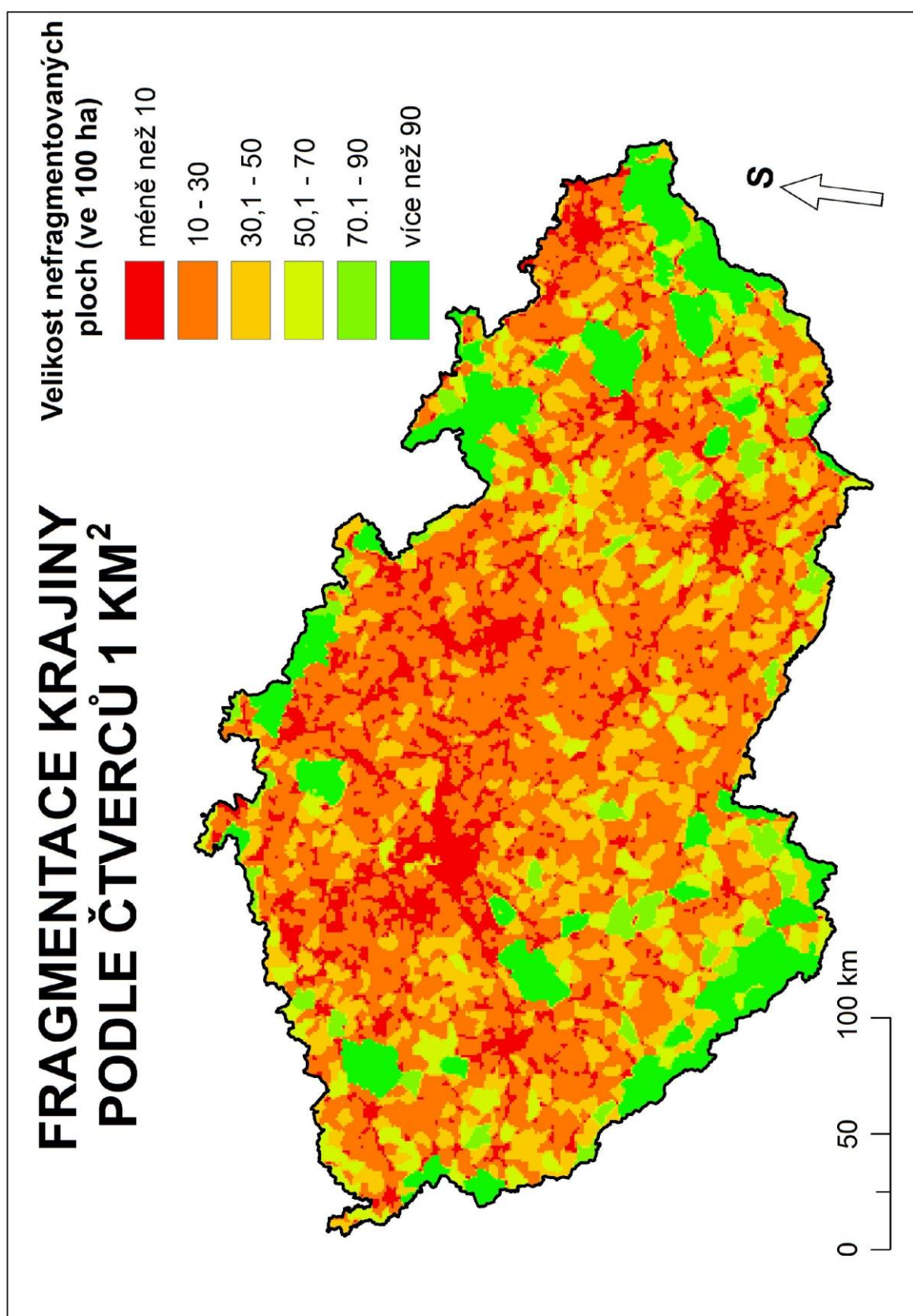
Příloha 4



Příloha 5



Příloha 6



Příloha 7

